

3. RECOGIDA DE DATOS Y EXPERIMENTACIÓN

3.1. Análisis general del uso de las salinas La Covacha y El Consulado (Isla del Trocadero) por aves no Passeriformes

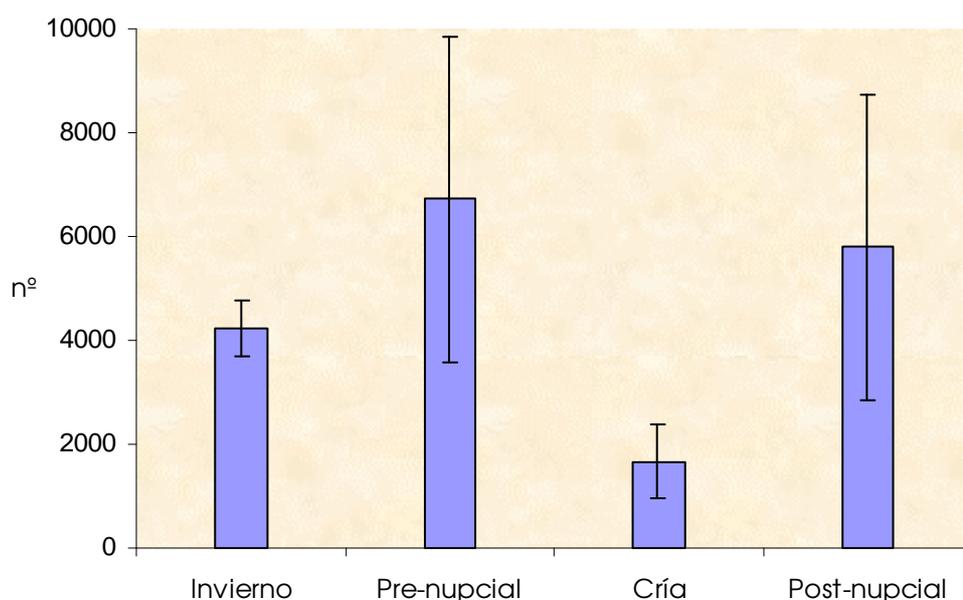
Como se ha comentado anteriormente, los censos arrojan una aproximación en cuanto a la evaluación de una zona ya sea previa o posterior a una actuación concreta en la misma (restauración, adecuación, etc.). Una segunda aproximación más exhaustiva es conocer qué uso hacen de la zona objeto de estudio, es decir, si la utilizan para obtener recursos tróficos, si únicamente y no menos importante como zona de descanso, o si para ambas cosas. Con respecto a este aspecto, queremos resaltar que cada vez son más los estudios que resaltan la importancia de proveer en los planes de manejo no sólo de buenas zonas para la alimentación y la cría sino zonas de descanso que sean de calidad, es decir, con escasa perturbación (Eldridge 1992, Tori et al 2002).

Por las razones descritas en la introducción, se ha realizado el análisis del uso partiendo de una perspectiva general de la Isla del Trocadero, pasando por las dos salinas presentes en la zona, hasta una perspectiva más pormenorizada, teniendo en cuenta los distintos compartimentos o sub-zonas de las salinas. De esta manera, para poder realizar un estudio más detallado, se han realizado análisis sobre el uso que le dan las aves a la zona comparando la parte supramareal frente a la intermareal, y finalmente comparando los datos con distintos coeficientes de marea.

La Isla del Trocadero ha albergado durante la invernada una media de 4.238 aves no Passeriformes, durante el periodo pre-nupcial de 6.723, en la época de cría de 1671, mientras que en el paso post-nupcial la media de aves no Passeriformes ha sido de 5790 ligeramente superior con respecto al paso pre-nupcial (ver gráfica 32). Estos datos se han obtenido teniendo en cuenta los censos realizados por el Grupo de Conservación de Humedales Costeros y por la unidad de seguimiento de acuáticas de la Provincia de Cádiz de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

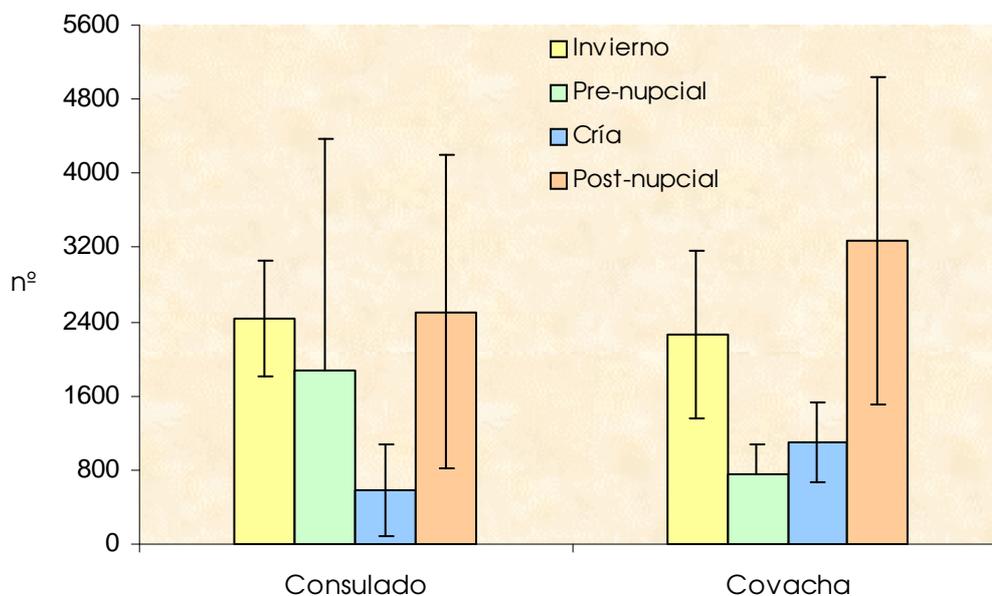
Los máximos registrados han sido 5.506 individuos durante la invernada, 11.128 individuos durante el periodo pre-nupcial, algo inferior durante la temporada de cría siendo de 2.769 individuos y finalmente en el paso post-nupcial el máximo resgistrado ha sido de 10.240 individuos. Estos máximos han sido registrados por la unidad de seguimiento de acuáticas de la Provincia de Cádiz de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Estos números suponen que este Paraje Natural soporta entre un 10 y un 15 % de la población invernal de aves no Passeriformes, fundamentalmente de aves limícolas.

Queremos aclarar que cuando hablamos de la temporada de "cría", nos referimos a un período de tiempo que abarca los meses de cría representativo de las aves mayoritarias en esta zona, las aves limícolas, pero ello no indica que críen todas ellas en la salina de La Covacha y la salina de El Consulado; por tanto, tratamos aquí el periodo "cría" como temporada. En el apartado dedicado exclusivamente al uso de las salinas como zona de cría y no como periodo temporal, sí aparecen las especies que efectivamente crían en el interior de las mismas.



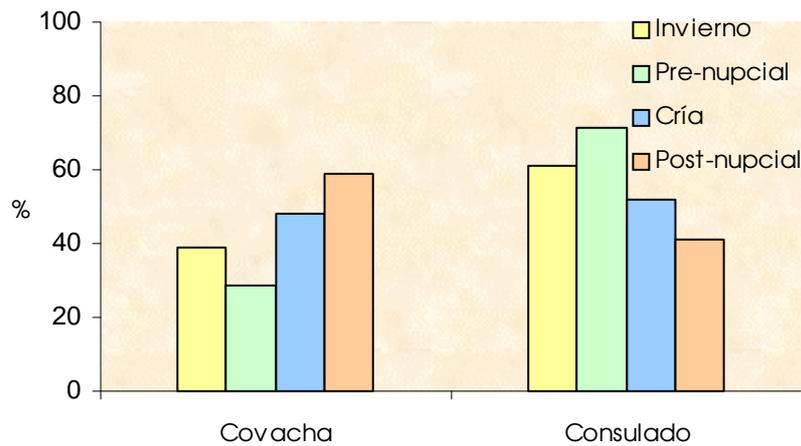
Gráfica 32: Media de aves no Passeriformes censadas en la Isla del Trocadero

La media de individuos que han utilizado la salina de La Covacha durante los meses de invernada ha sido de 2.260 ± 907 y en El Consulado de 2.429 ± 624 individuos, durante el paso pre-nupcial vemos que al igual que en los meses de invernada el número medio de individuos es superior en El Consulado respecto a la salina de La Covacha. Sin embargo en la cría y en el paso post-nupcial esta medida se invierte siendo en la cría de 1098 ± 440 y 574 ± 495 y en el paso post-nupcial de 3281 ± 1763 y 2509 ± 1680 en La Covacha y El Consulado respectivamente (graf. 33). En esta media se incluyen los individuos censados en el interior de la salina y en la zona intermareal próxima a la misma que se queda descubierta durante mareas altas de escaso coeficiente (< 0.90). Estas zonas que no llegan a cubrirse durante la marea alta han sido consideradas zonas de uso de la salina ya que arrojan información sobre si las zonas de descanso que proporciona la salina son adecuadas o no para las aves, puesto que nos indican si entran o no a la salina durante la marea alta o prefieren quedarse en las zonas intermareales residuales desplazándose únicamente a la parte interna de la salina (supramareal) cuando la marea no les permita estar en los fangos intermareales limítrofes.



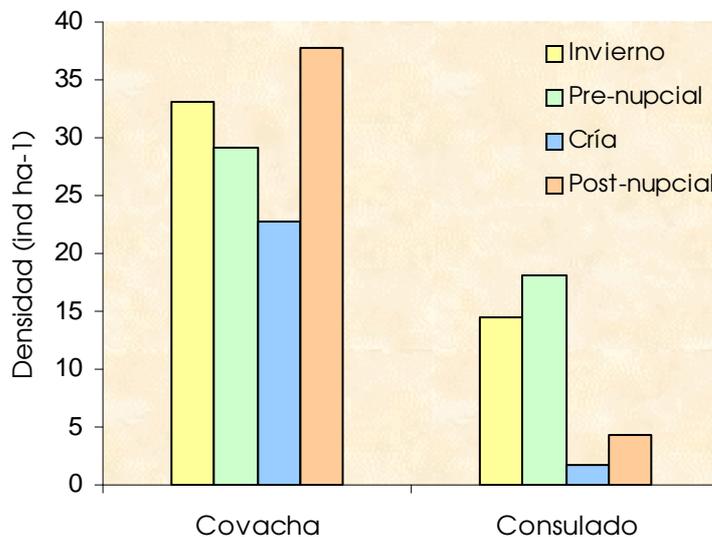
Gráfica 33: Media de aves no Passeriformes censadas en las salinas de La Covacha y El Consulado

En la salina de La Covacha se han localizado el 39.08% durante el invierno, el 28.83% durante la migración pre-nupcial, el 48.03% durante la cría y el 58.90% durante el paso post-nupcial de las aves limícolas que han utilizado la Isla del Trocadero, y El Consulado lo han utilizado el 60.91% en invierno, el 71.14% en pre-nupcial, el 51.97% en la cría y el 41.10% en el post-nupcial (graf. 34).



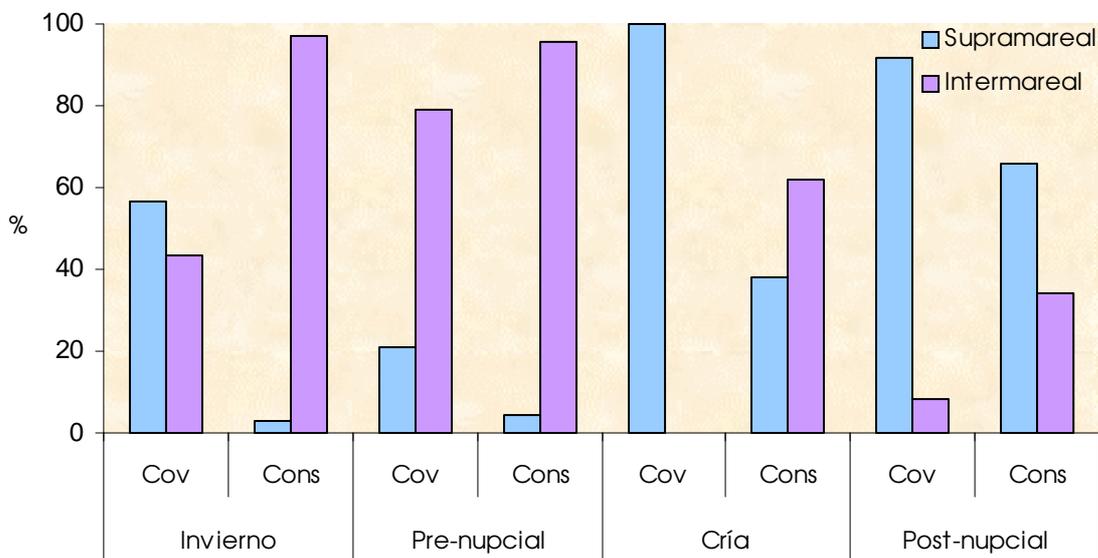
Gráfica 34: Comparación del uso por aves no Passeriformes de la salina de La Covacha y la salina El Consulado

Si tenemos en cuenta la densidad, que es una medida de selección de una zona, vemos que la salina de La Covacha aparece con una densidad bastante mayor que la salina de El Consulado, ya que esta última tiene una extensión casi 4 veces mayor (175 Ha) que La Covacha (26 Ha) (graf. 35).



Gráfica 35: Densidad (individuos / hectárea) de aves no Passeriformes en las salinas La Covacha y El Consulado

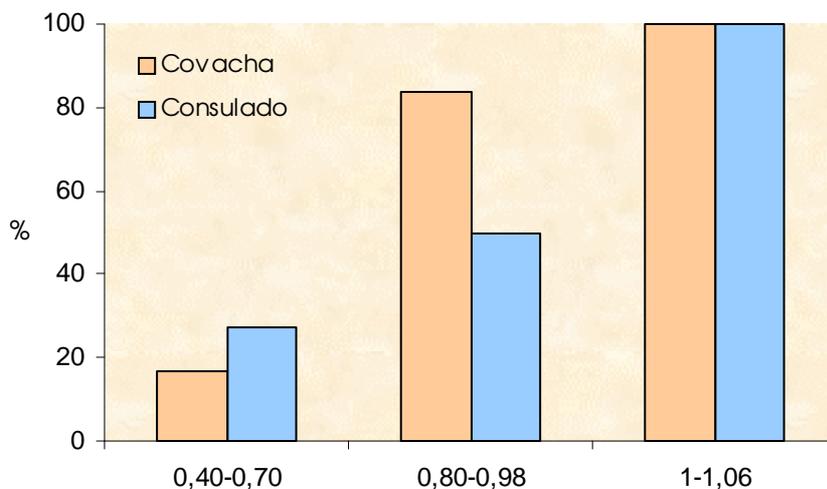
En la gráfica 36 donde se refleja el uso de la zona supra e intermareal en las dos salinas durante marea alta, se observa cómo el área intermareal de la salina de El Consulado es utilizada casi exclusivamente frente a la zona supramareal, es decir, las aves limícolas casi no utilizan la zona del interior de la salina ni en invierno ni en el periodo pre-nupcial pero sí utilizan en gran medida la zona intermareal anexa a la salina incluso en marea alta. Se detecta un cambio en el comportamiento de las aves en cuanto al uso de El Consulado en el período de cría y sobre todo en la migración post-nupcial, en estos meses sí se observa un alto porcentaje de individuos en la parte supramareal, llegando a ser de 66.07% frente a un 33.93% en el paso. La salina de La Covacha, en cambio, sí es utilizada durante marea alta durante toda la época del año principalmente en la cría y la migración post-nupcial, siendo escasamente utilizada durante la migración pre-nupcial.



Gráfica 36: Porcentaje de aves no Passeriformes que han utilizado la zona supra e intermareal de las salinas La Covacha y El Consulado

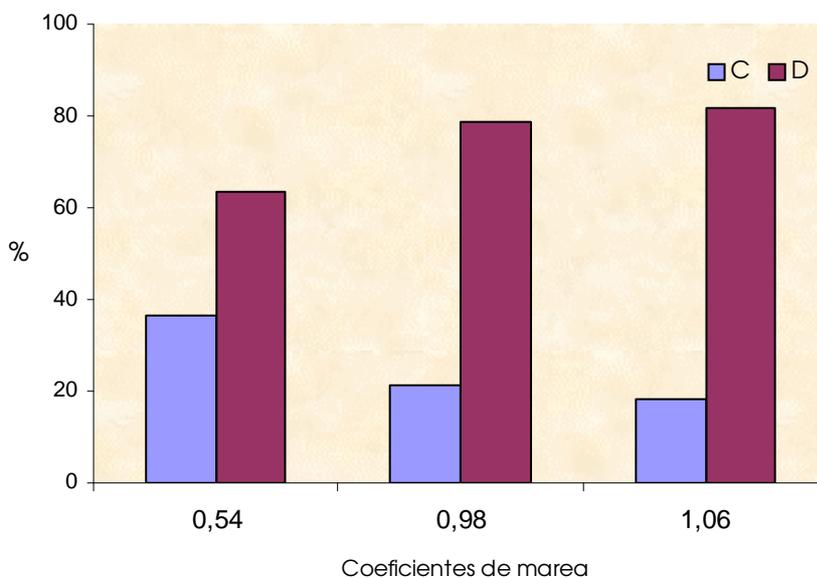
Se ha analizado asimismo la influencia de los coeficientes de marea en el uso de las zonas supramareales. Con coeficientes de marea < 0.90 , queda descubierta parte de la zona intermareal durante la marea alta, es decir, no se cubre por completo la zona fangosa durante la marea alta. Por tanto, los coeficientes son una medida de la disponibilidad de zonas de alimentación para las aves durante la marea alta y el uso que éstas hacen de la salina con mayor o menor disponibilidad de zonas alternativas, nos da información de la importancia de la zona supramareal para éstas. Con este estudio se puede comprobar si las aves usan la zona supramareal (interior de las salinas) como último recurso cuando la marea cubre la zona intermareal (fangos limítrofes de las salinas), o por el contrario se desplazan al interior de la salina con coeficientes bajos aunque no se cubra toda la zona intermareal.

En la gráfica 37 vemos que con coeficientes bajos no existe un uso muy pronunciado en ninguna de las dos salinas. Pero al aumentar el coeficiente, sí existe un claro uso de la salina de La Covacha. En el caso de la salina de El Consulado, aunque se produce un cierto incremento del uso, las aves siguen permaneciendo en gran medida en la zona intermareal, no existiendo una clara preferencia por la parte interna de la salina hasta que no se ven forzadas a hacerlo por el cubrimiento total de la zona intermareal.



Gráfica 37: Porcentaje de aves no Passeriformes en el interior de las salinas La Covacha y El Consulado con distintos coeficientes de marea

Sin embargo, las aves utilizan La Covacha principalmente como zona de descanso, incluso cuando aún existe cierta disponibilidad de zona fangosa y por tanto de alimento, salvo ciertas especies que veremos a continuación que sí obtienen parte de sus recursos tróficos en ella.



Gráfica 38: Actividad de las aves no Passeriformes en la salina La Covacha con distintos coeficientes de marea.

Esto nos indica que lo que le aporta la salina de La Covacha a las especies que la utilizan, salvo algunas excepciones que veremos a continuación, es una zona segura donde descansar durante la marea alta (Ver gráfica 38).

3.1.1. Uso de las salinas por las diferentes especies de aves limícolas y la Espátula

Limícolas

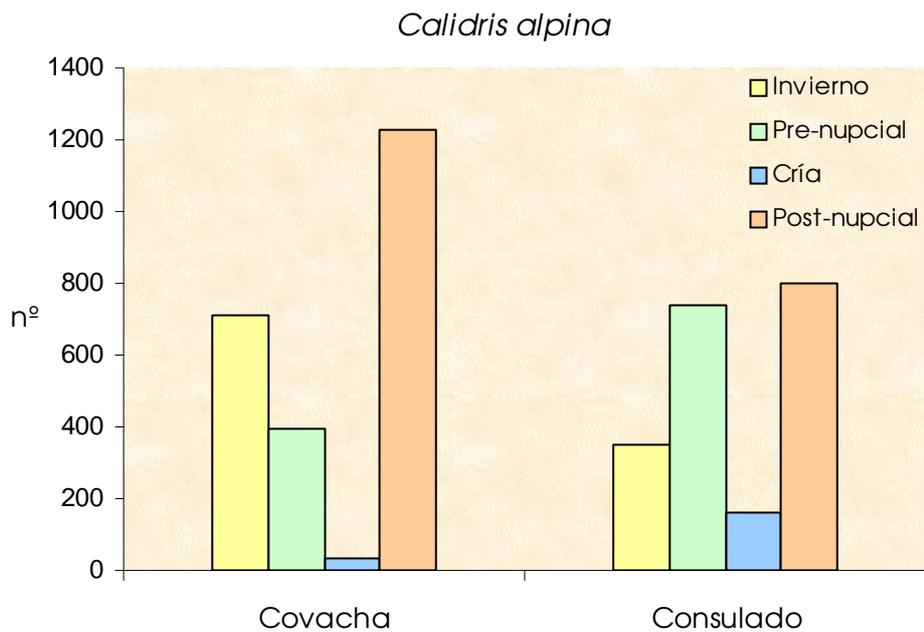
Para el análisis más pormenorizado del uso se han elegido 9 especies representativas de la zona que engloban a especies de distinto tamaño y

modos de alimentación, especies que crían o potencialmente pueden criar en la zona y son:

- Correlimos Común *Calidris alpina*
- Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula*
- Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus*
- Archibebe Común *Tringa totanus*
- Chorlito Gris *Pluvialis squatarola*
- Aguja Colinegra *Limosa limosa*
- Aguja Colipinta *Limosa lapponica*
- Zarapito Real *Numenius arquata*
- Espátula Común *Platalea leucorodia*

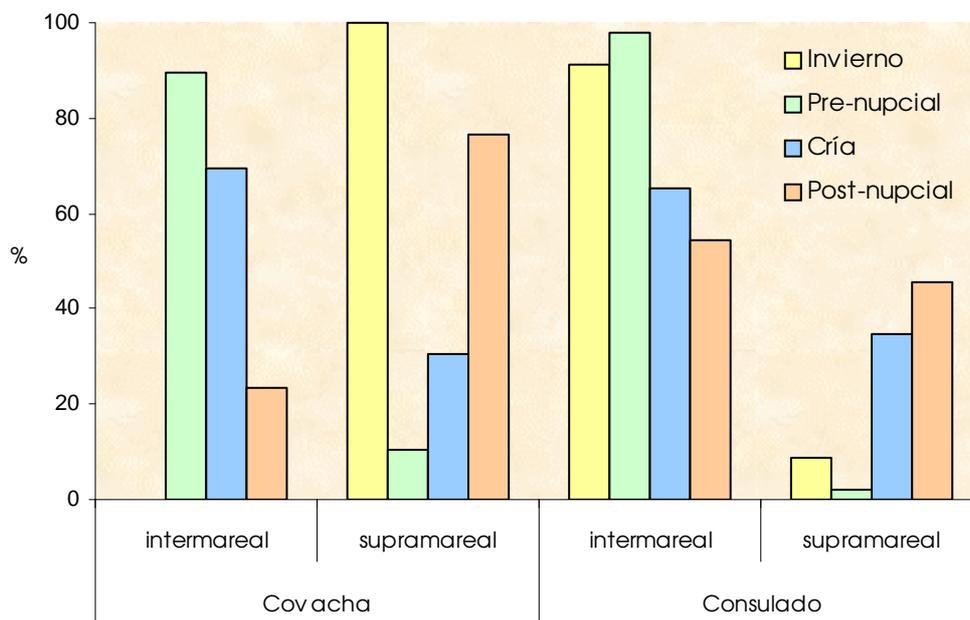
Correlimos Común (*Calidris alpina*)

En la gráfica 39 se ve como el Correlimos Común aparece en la salina La Covacha en mayor número principalmente en la migración post-nupcial y también en invierno, y en El Consulado durante ambos pasos migratorios.



Gráfica 39: Número medio de Correlimos Común *Calidris alpina* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.

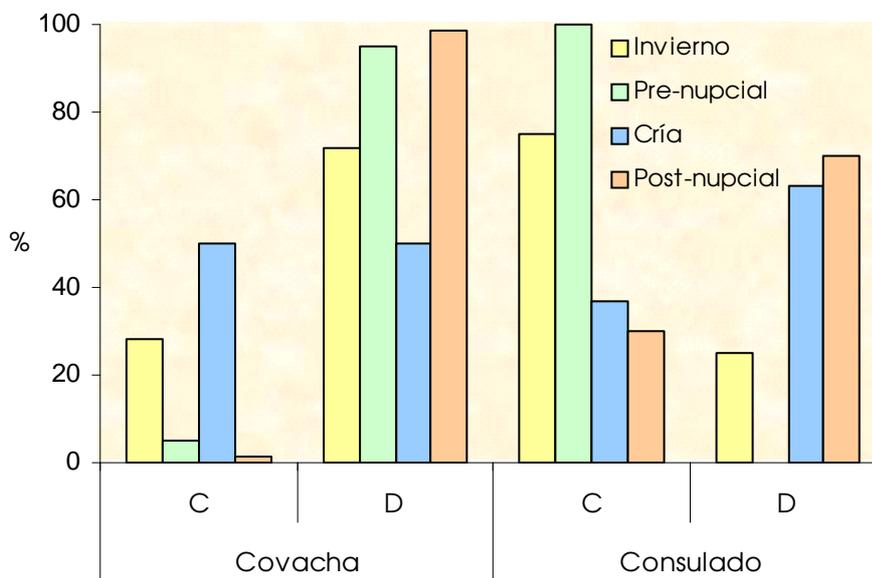
En cuanto al uso de las salinas, vemos como el Correlimos Común utiliza la zona supramareal de La Covacha (graf. 40), o sea, utiliza la salina y sus estructuras, durante la invernada y el paso post-nupcial pero muy escasamente durante la migración pre-nupcial e incluso la cría. Sin embargo, la salina de El Consulado no la utiliza apenas, apareciendo fundamentalmente en la zona intermareal de la misma y de manera más pronunciada durante los meses de la invernada y del paso pre-nupcial.



Gráfica 40: Porcentaje del total de Correlimos Común *Calidris alpina* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.

En cuanto a la actividad que desarrolló, vemos como en invierno sí existe cierta actividad de alimentación dentro de la salina de La Covacha, utilizándola el 20% de los individuos que entraron para complementar su alimentación durante la marea alta, mientras que en el paso post-nupcial utilizaron esta salina únicamente como zona de descanso. En la época de cría existe un uso conjunto de La Covacha por parte de esta especie. En cuanto a la salina de El Consulado, el Correlimos utiliza la zona residual intermareal para obtener los recursos tróficos, indicando que la zona supramareal del mismo no

ofrece casi ningún parche de alimentación a este. Sí la utilizan como zona de descanso en un 20% (graf. 41). Hay que tener en cuenta que las gráficas de actividad son de los individuos que han entrado en la salina, es decir, para conocer realmente la importancia para una especie de la zona supramareal hay que combinar las gráficas de uso de supra e intermareal y los porcentajes de actividad, ya que los porcentajes son referidos a los individuos que sí estuvieron comiendo o descansando en la zona supramareal. Por tanto, siempre que se estudien las gráficas de la actividad hay que tener en cuenta que muestran únicamente las aves que utilizaron la parte interior de las salinas.



Gráfica 41: Actividad (porcentajes) de los Correlimos Común *Calidris alpina* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

Los dos primeros mapas (fig. 31 y fig. 32) que mostramos en las siguientes páginas, han sido realizados con los datos de la invernada que es cuando más estable están las poblaciones, y los dos consecutivos (fig. 33 y fig. 34) se han realizado durante la migración post-nupcial puesto que es cuando más individuos se encontraron en el interior de las salinas estudiadas.

En cuanto a las zonas concretas que utilizó dentro de las salinas, vemos en la figura 28 que el Correlimos Común utilizó todas las zonas de La Covacha tanto para comer como para descansar. Destaca la zona de los cristalizadores de la partida 2, donde se localizó el mayor porcentaje de aves de esta especie haciendo uso de la zona como área de descanso.

En la salina de El Consulado el Correlimos Común solo fue observado en la zona de actuación, principalmente alimentándose (fig. 32).

En la figura 33 vemos que el Correlimos Común sigue utilizando en la migración post-nupcial todas las subzonas de La Covacha pero principalmente para descansar. En El Consulado (fig. 34) encontramos una distribución muy amplia de esta especie por toda la zona supramareal, tanto para alimentarse como para descansar.

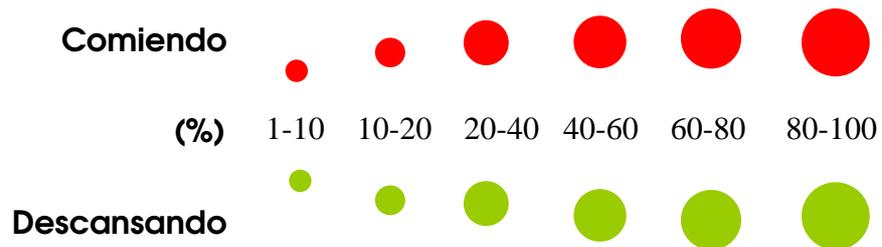
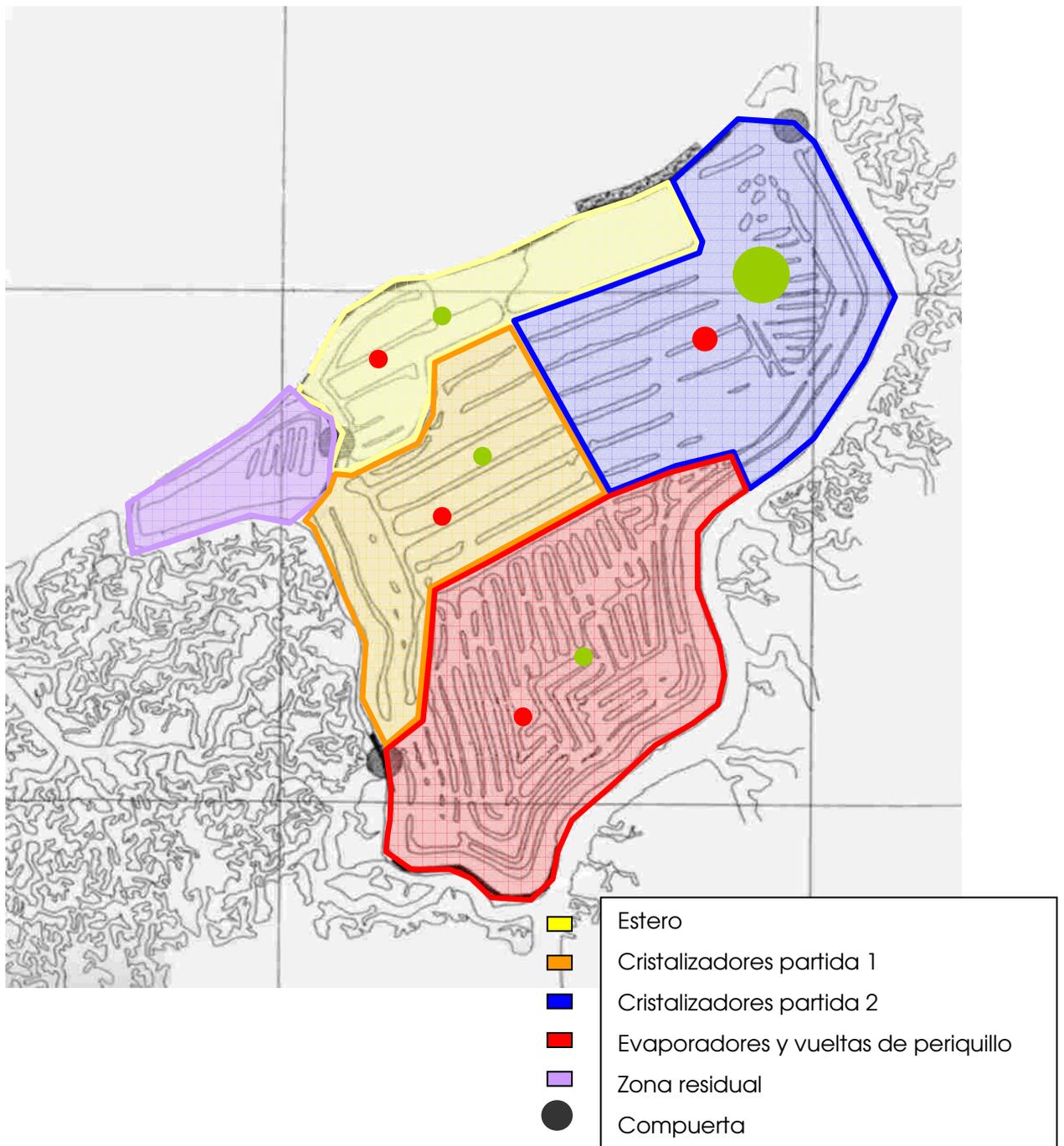


Figura 31: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Correlimos Común durante la invernada.

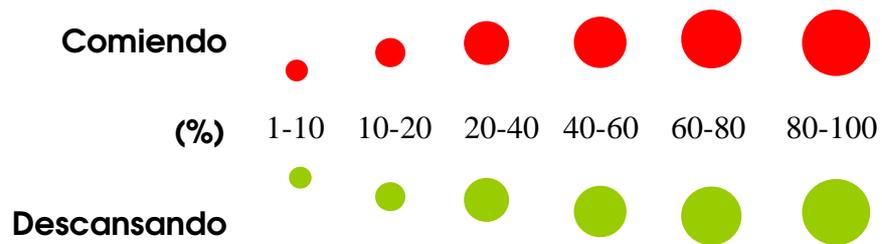
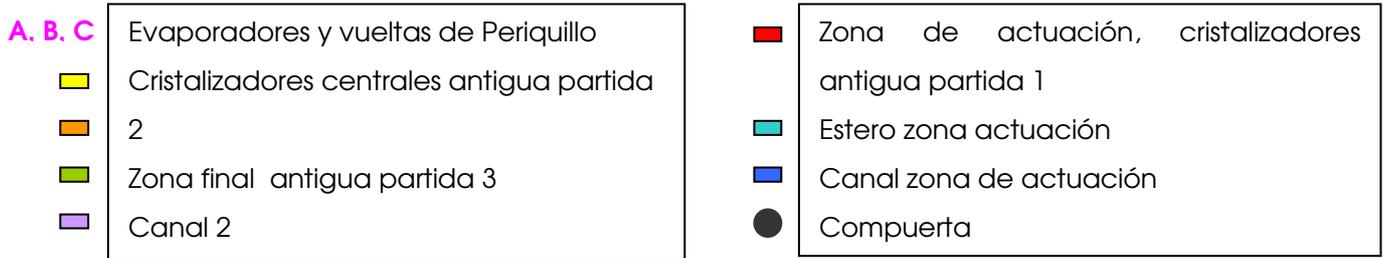
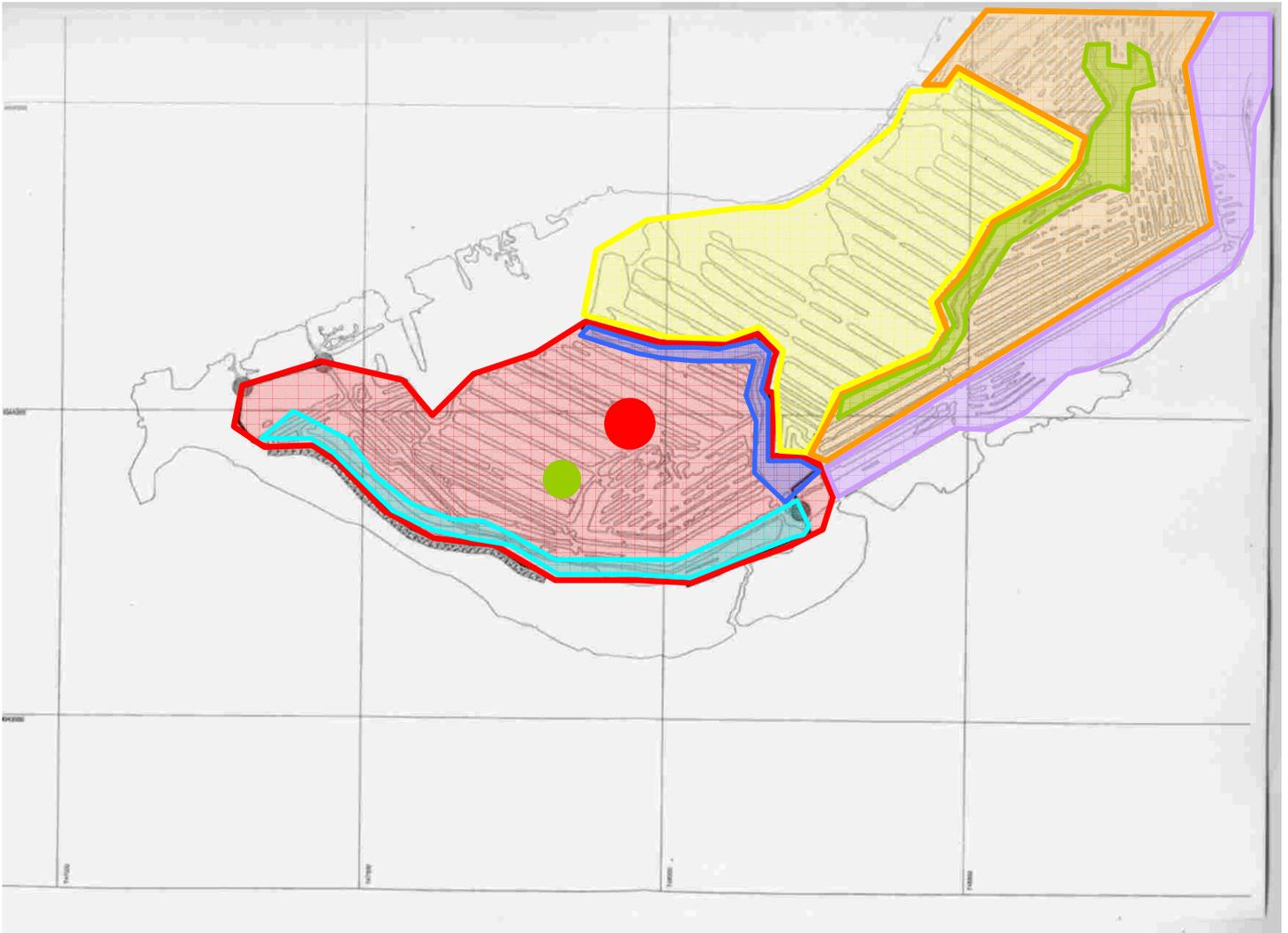


Figura 32: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Correlimos Común durante la invernada.

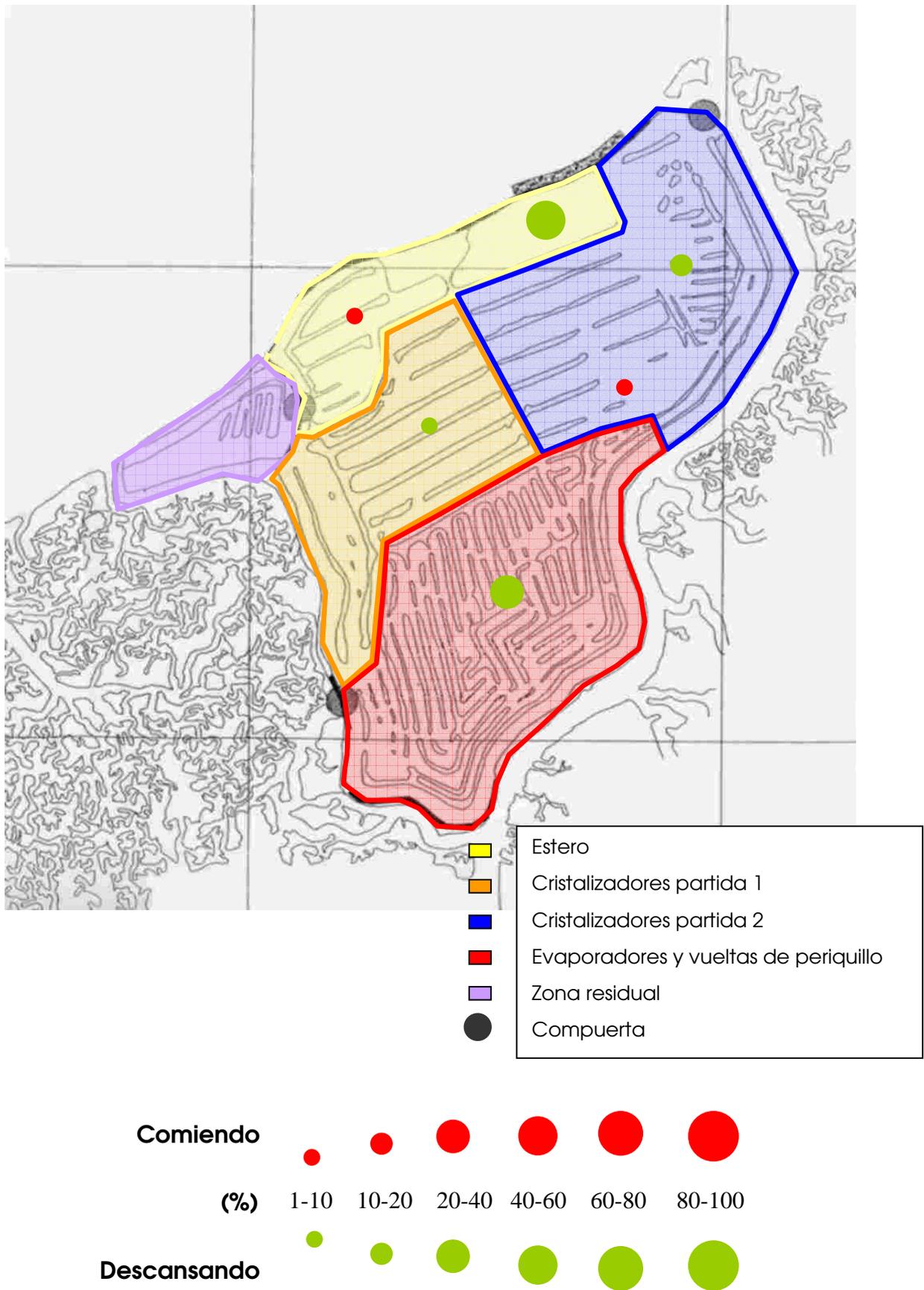
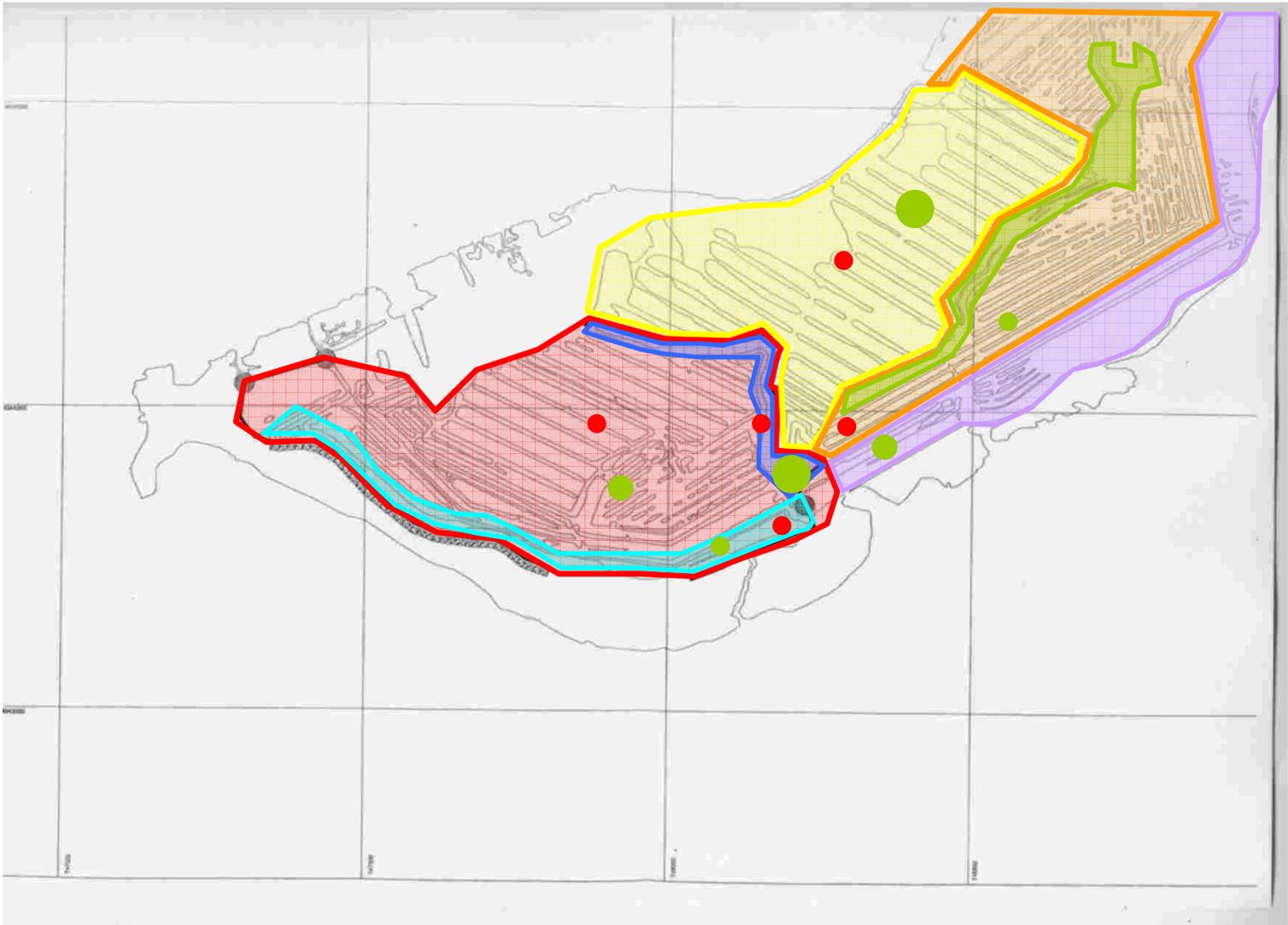


Figura 33: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Correlimos Común durante el paso post-nupcial.



- A, B, C** Evaporadores y vueltas de Periquillo
- Cristalizadores centrales antigua partida 2
 - Zona final antigua partida 3
 - Canal 2
 - Estero zona final

- Zona de actuación, cristalizadores antigua partida 1
- Estero zona actuación
- Canal zona de actuación
- Compuerta

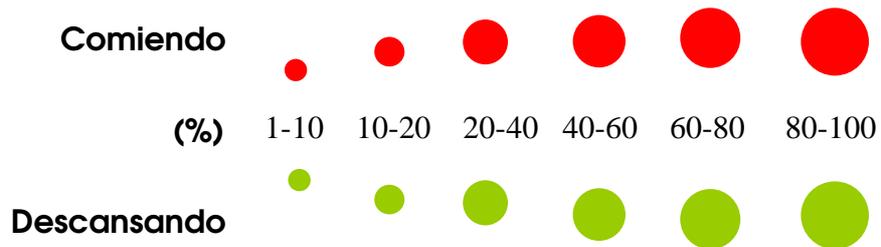


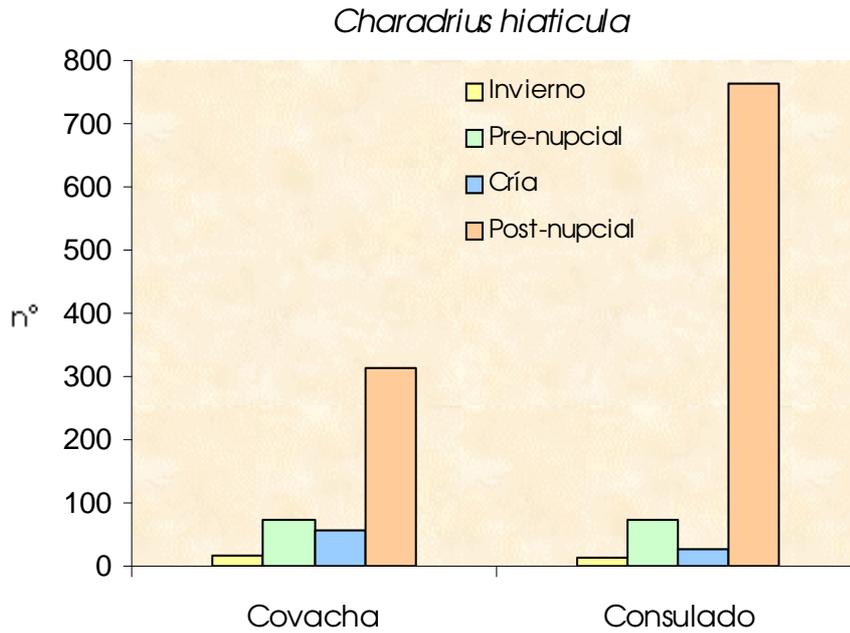
Figura 34: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Correlimos Común durante la migración post-nupcial.

Chorlitejo Grande (*Charadrius hiaticula*)

El Chorlitejo Grande vemos que es durante la migración post-nupcial cuando aparece en mayor medida en las salinas objeto de estudio (graf. 42). Este hecho se ha constatado en otros estudios en que el Chorlitejo Grande parece que durante las migraciones es cuando suplementa su alimentación en las salinas (Masero 2003, GEAM 2003).

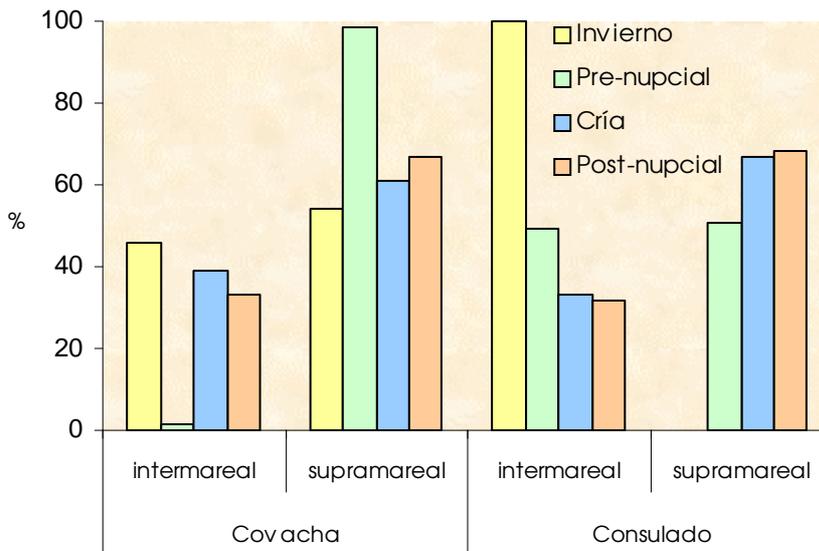
Durante las migraciones los individuos deben obtener la energía necesaria para mantenerse y poner grasa y proteína necesarias para poder emprender viajes migratorios de miles de kilómetros. Es en estos momentos cuando la obtención de recursos tróficos es crucial, pues deben obtener los suficientes en un periodo corto de tiempo para poder llegar a los cuarteles de cría en buena condición para la época reproductora.

La Bahía de Cádiz es una zona de "parada y avituallamiento" (stop-over) para numerosas especies. Las zonas de "parada y avituallamiento" son puntos cruciales en las rutas migratorias ya que en ellas deben adquirir muy rápidamente el alimento (energía) necesarios para ello. Es en estos momentos cuando la importancia como zonas de alimentación de las zonas supramareales se agudiza, ya que algunas especies que durante el invierno no las utilizaban se suman a otras que sí, por lo que aumenta el número de especies y de individuos que obtienen sus recursos en ellas. El Chorlitejo Grande es un claro ejemplo de especie que utiliza las salinas exclusivamente durante los pasos migratorios, por lo que sin tener en cuenta todo el ciclo anual en el uso, podemos infravalorar el papel de las mismas, así como llegar a conclusiones erróneas en cuanto a que esta especie es independiente de los recursos tróficos que ofrecen las instalaciones salineras.



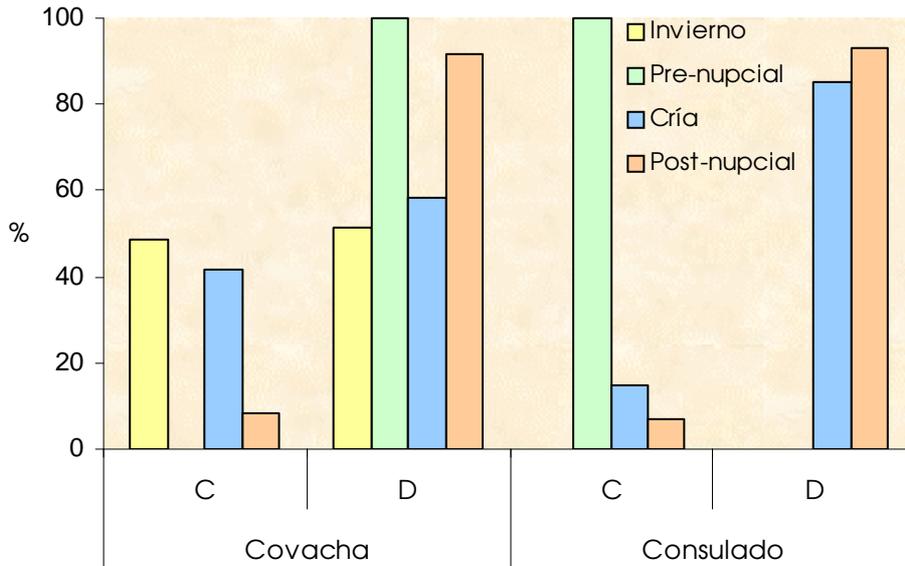
Gráfica 42: Número medio de Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula* censados en la salina de La Covacha y El Consulado

Este hecho queda también patente en la gráfica 43 en la que podemos observar cómo utiliza en mayor medida la zona supramareal sobre todo en la salina de La Covacha durante la migración pre-nupcial, y en ambas salinas durante la migración post-nupcial.



Gráfica 43: Porcentaje del total de Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal

En cuanto a la actividad, esta especie, que no utilizó en absoluto la salina de El Consulado durante la invernada, se observa cómo sí utiliza esta salina para obtener sus recursos tróficos durante la migración pre-nupcial (ver gráfica 44), sin embargo en el paso post-nupcial utiliza ambas salinas principalmente como zona de descanso.



Gráfica 44: Actividad (porcentajes) de los Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado

En la figura 35, correspondiente a la invernada, vemos que esta especie utilizó principalmente en la salina de La Covacha la zona del estero situado enfrente de las casas y las zonas de los cristalizadores de la partida uno y dos. Generalmente fueron utilizadas como áreas de alimentación, en especial la zona residual de los cristalizadores de la partida 2, donde también fue el único lugar de la salina donde esta especie se observó descansando. En la salina El Consulado todos los individuos observados se encontraron comiendo en la zona de actuación durante la invernada (fig. 36).

Durante la migración post-nupcial (fig. 37 y 38), esta especie utilizó en mayor número los evaporadores y los cristalizadores de la partida 2 en La Covacha. Mientras que en El Consulado se observa una cierta preferencia por la zona de actuación (80%) principalmente para el descanso.

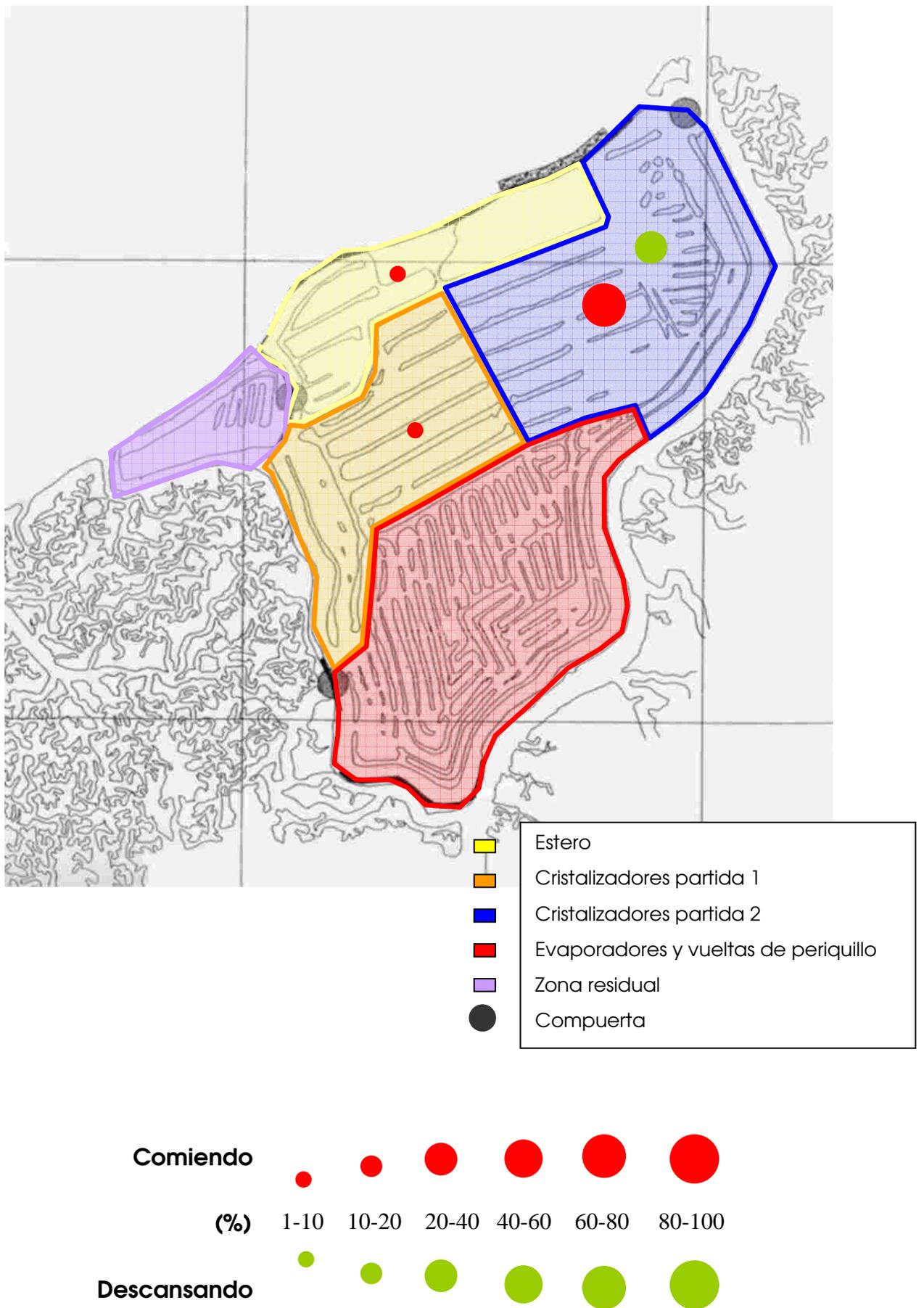
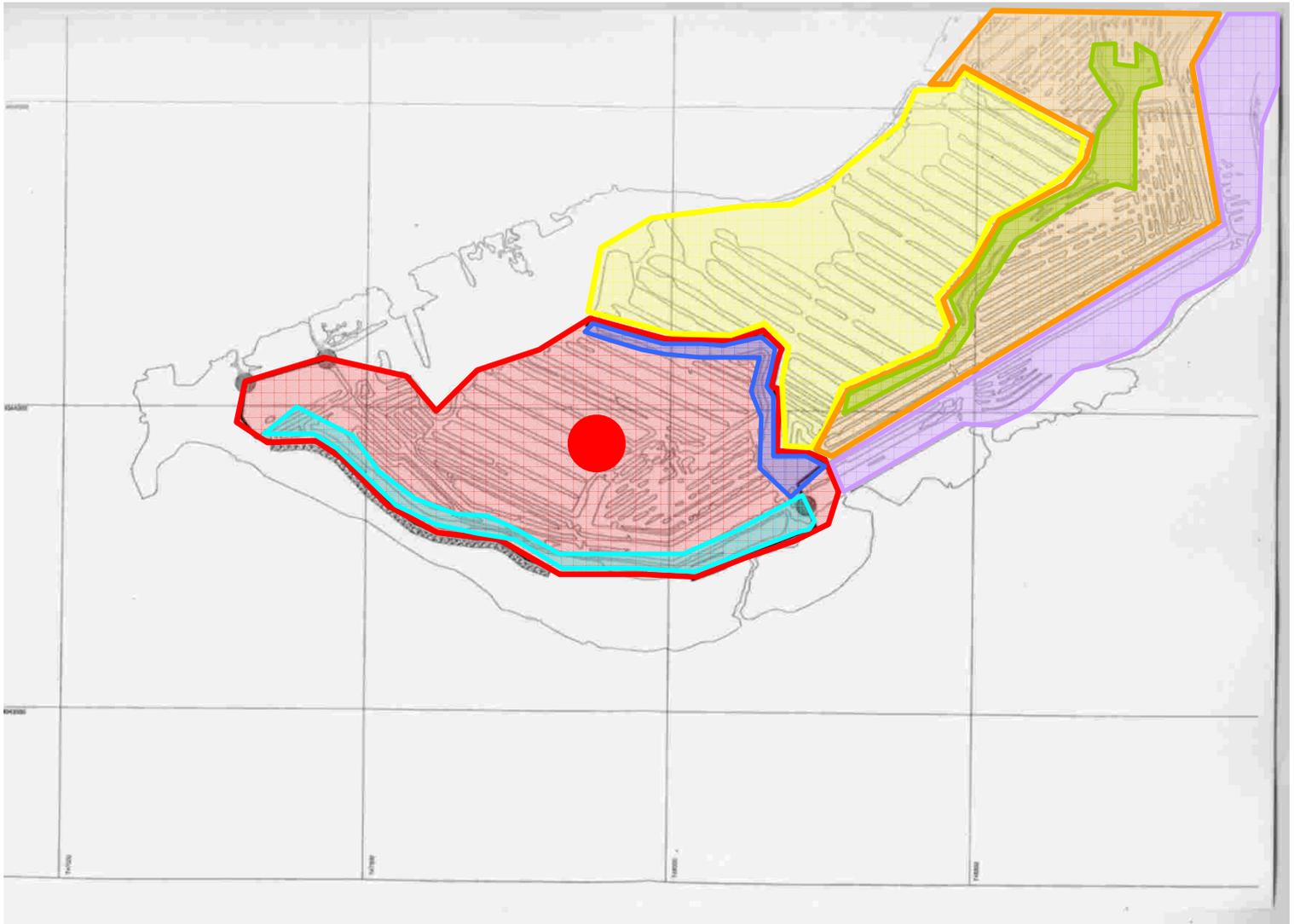


Figura 35: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlitejo Grande durante la invernada.



- A, B, C** Evaporadores y vueltas de Periquillo
- Cristalizadores centrales antigua partida 2
 - Zona final antigua partida 3
 - Canal 2
 - Estero zona final

- Zona de actuación, cristalizadores antigua partida 1
- Estero zona actuación
- Canal zona de actuación
- Compuerta

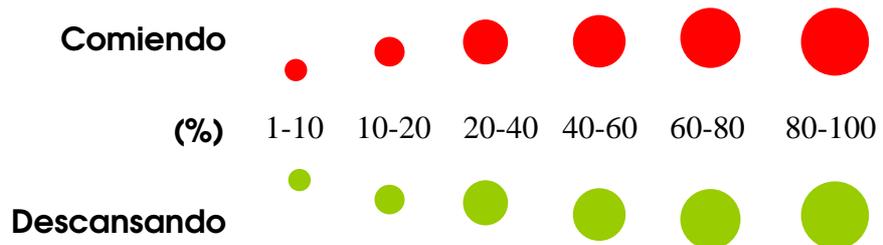


Figura 36: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Chorlitejo Grande durante la invernada.

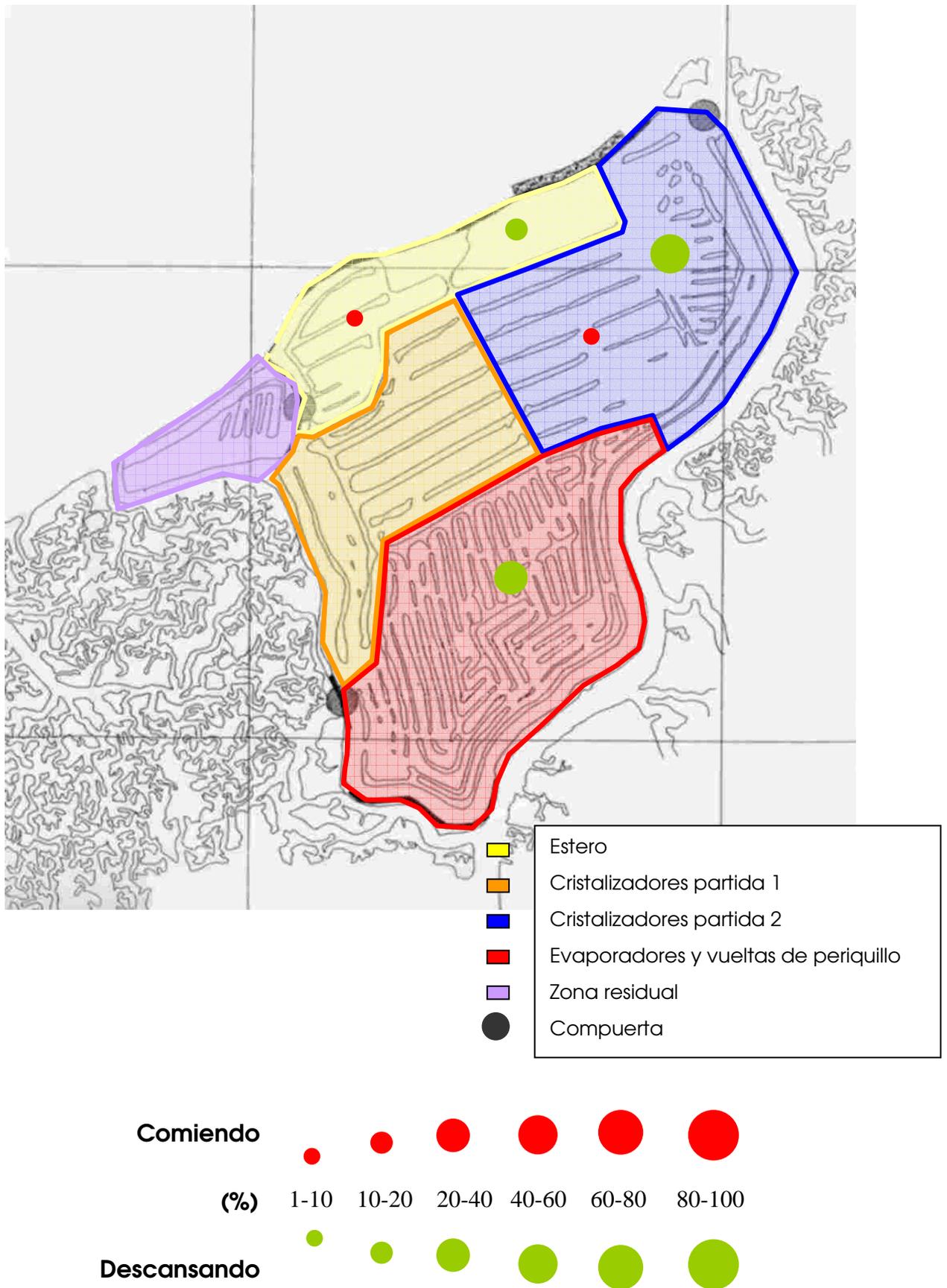


Figura 37: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlitejo Grande durante el paso post-nupcial.

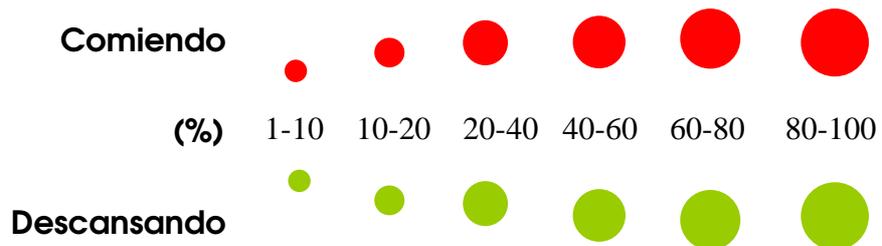
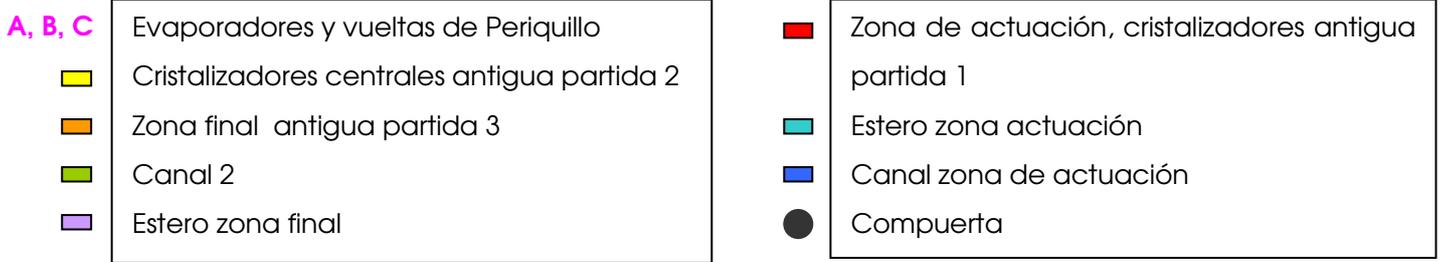
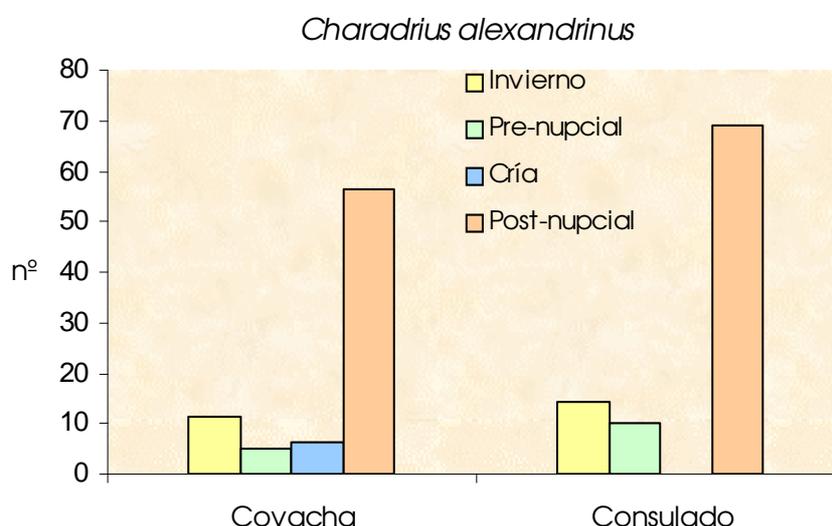


Figura 38: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Chorlitejo Grande durante la migración post-nupcial.

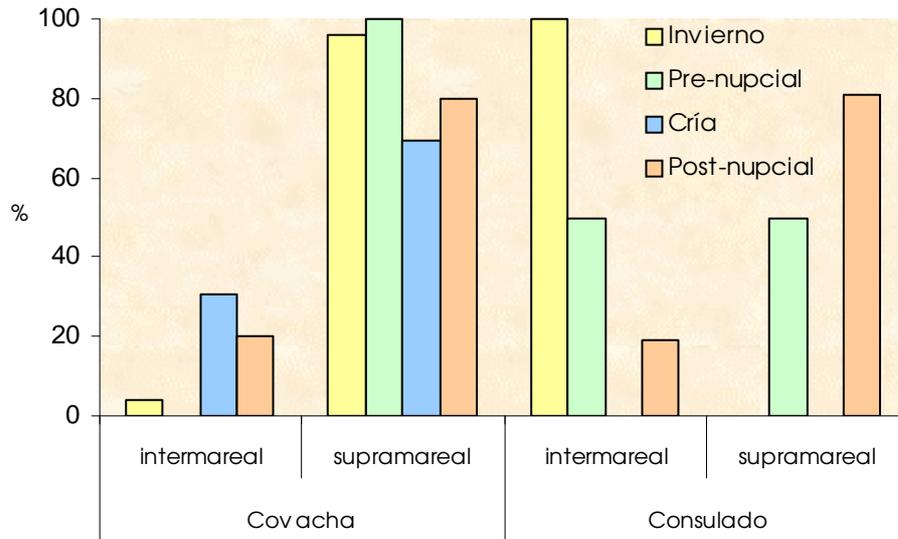
Chorlitejo Patinegro (*Charadrius alexandrinus*)

En ninguna de las dos salinas se contabilizaron gran cantidad de Chorlitejos patinegros durante la internada, la migración pre-nupcial y la temporada de cría. El número medio no alcanzó nunca los 20 Chorlitejos patinegros. Sin embargo en la migración post-nupcial existió un aumento considerable en el número medio de Chorlitejo Patinegro, alcanzándose una media de 70 ± 63 individuos en El Consulado (graf. 45).



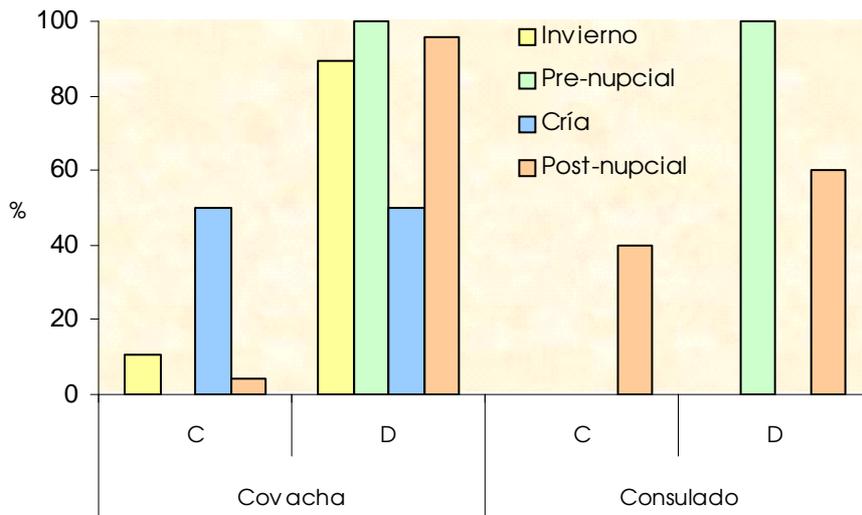
Gráfica 45: Número medio de Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.

Los Chorlitejos patinegros no se encuentran presentes en gran número en ninguna de las dos salinas. En La Covacha se encontraron generalmente en la zona supramareal en todas las épocas, pero esta especie no utilizó la salina de El Consulado en la temporada de cría y sí fundamentalmente en las migraciones, sobre todo la parte supramareal (ver gráfica 46).



Gráfica 46: Porcentaje del total de Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.

Se observa que sí utilizaron la salina de La Covacha principalmente como zona de descanso (graf. 47). El Consulado nunca fue utilizado por esta especie como zona de alimentación, y únicamente fue utilizado como zona de descanso en los pasos migratorios.



Gráfica 47: Actividad (porcentajes) de los Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

Esta especie sólo utilizó las dos partidas de cristalizadores en la salina de La Covacha durante la invernada (fig. 39). Como el resto de especies de pequeño tamaño, el mayor porcentaje utilizó la partida dos, especialmente para descansar. La partida uno fue utilizada por un porcentaje pequeño únicamente como zona de alimentación. Esta especie no fue observada en la salina El Consulado.

En el paso post-nupcial, el Chorlitejo Patinegro utilizó La Covacha como zona de descanso, y únicamente se localizaron en el estero y en los evaporadores (fig. 40). Sin embargo, durante los 10 días que duró un experimento llevado a cabo en la salina de la Covacha en el que se bajaron los niveles de agua se contabilizaron hasta un total de 250 Chorlitejos Patinegros descansando en la salina y más de 100 individuos alimentándose en ella (ver apartado 3.3).

Respecto a El Consulado (fig. 41), esta especie le dio un uso como zona de alimentación y de descanso, destacando este último uso principalmente en la zona de actuación.

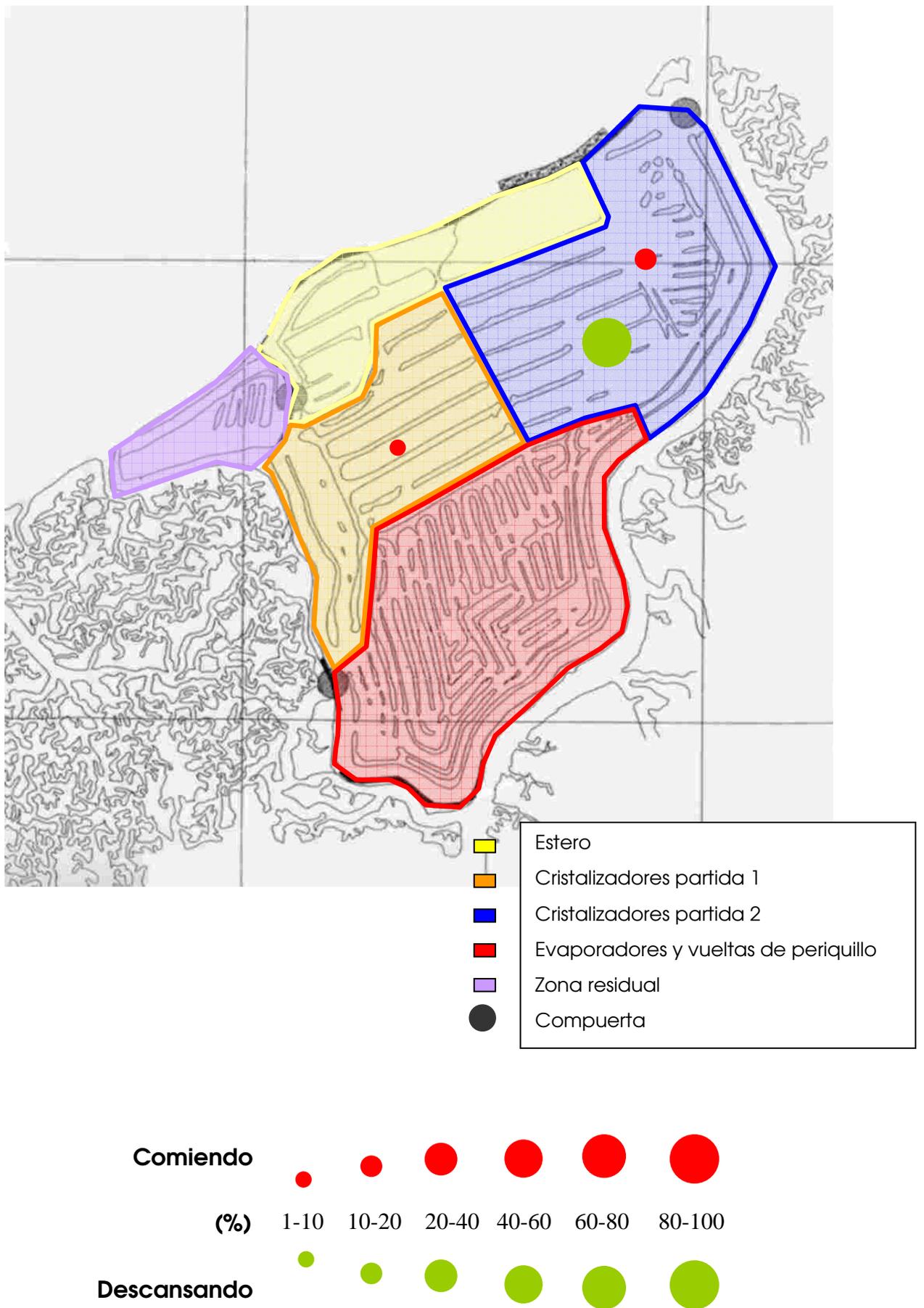


Figura 39: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlitejo Patinegro durante la invernada.

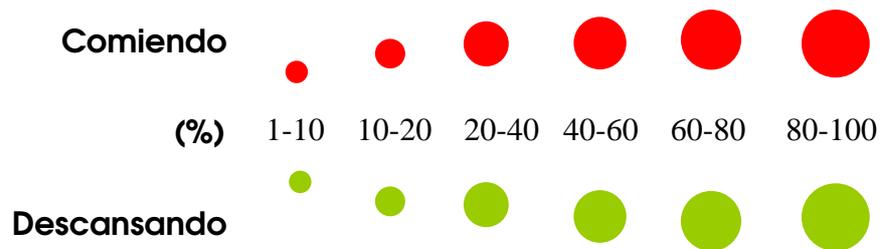
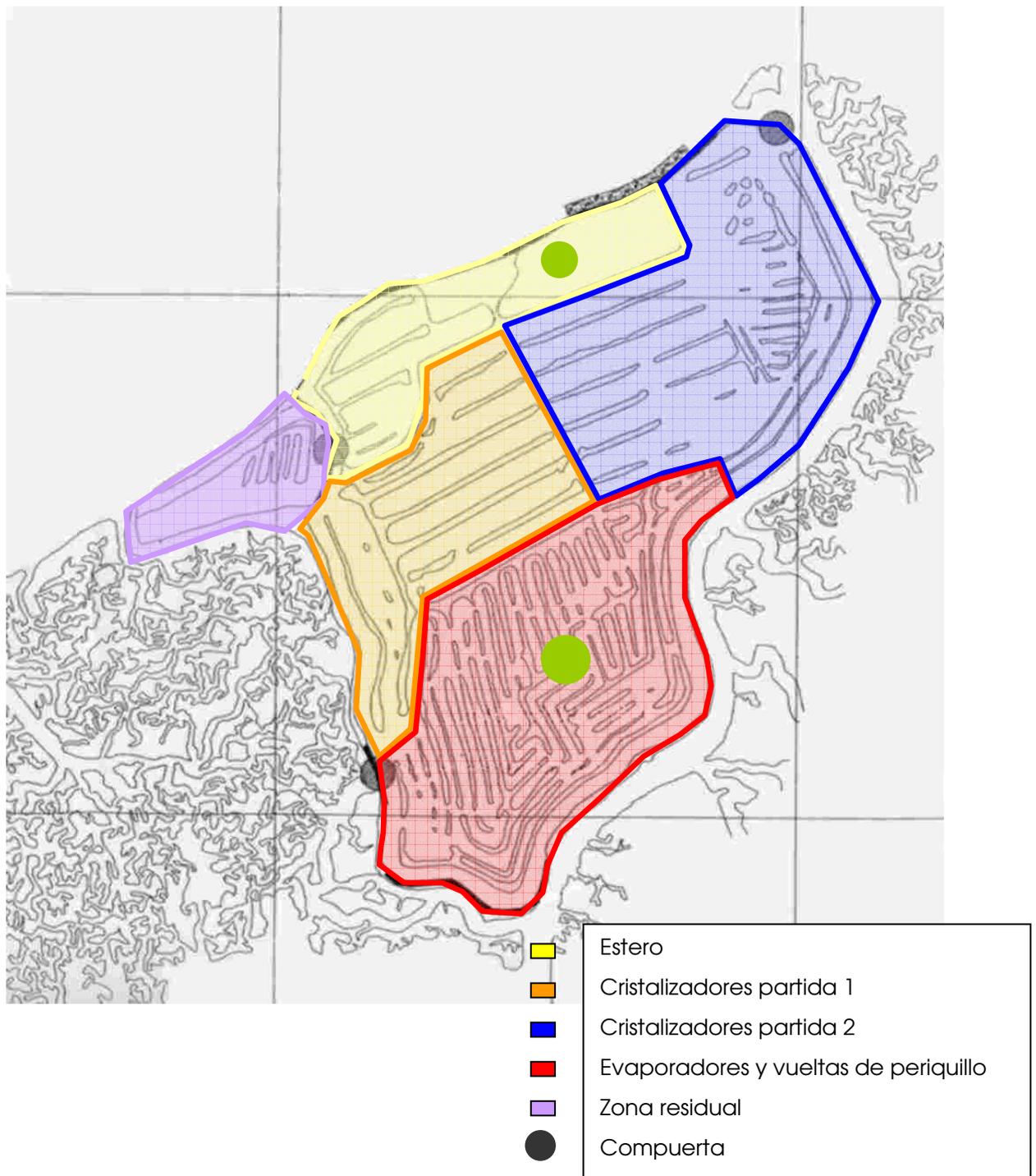


Figura 40: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlitejo Patinegro durante el paso post-nupcial.

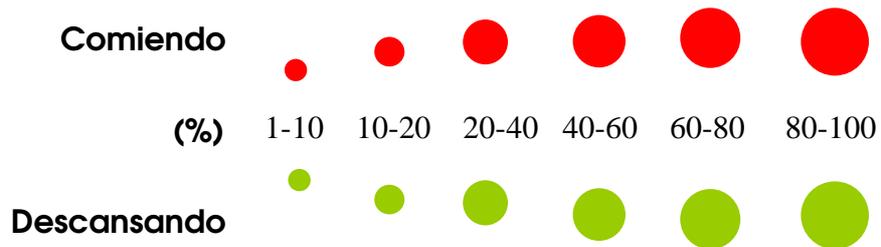
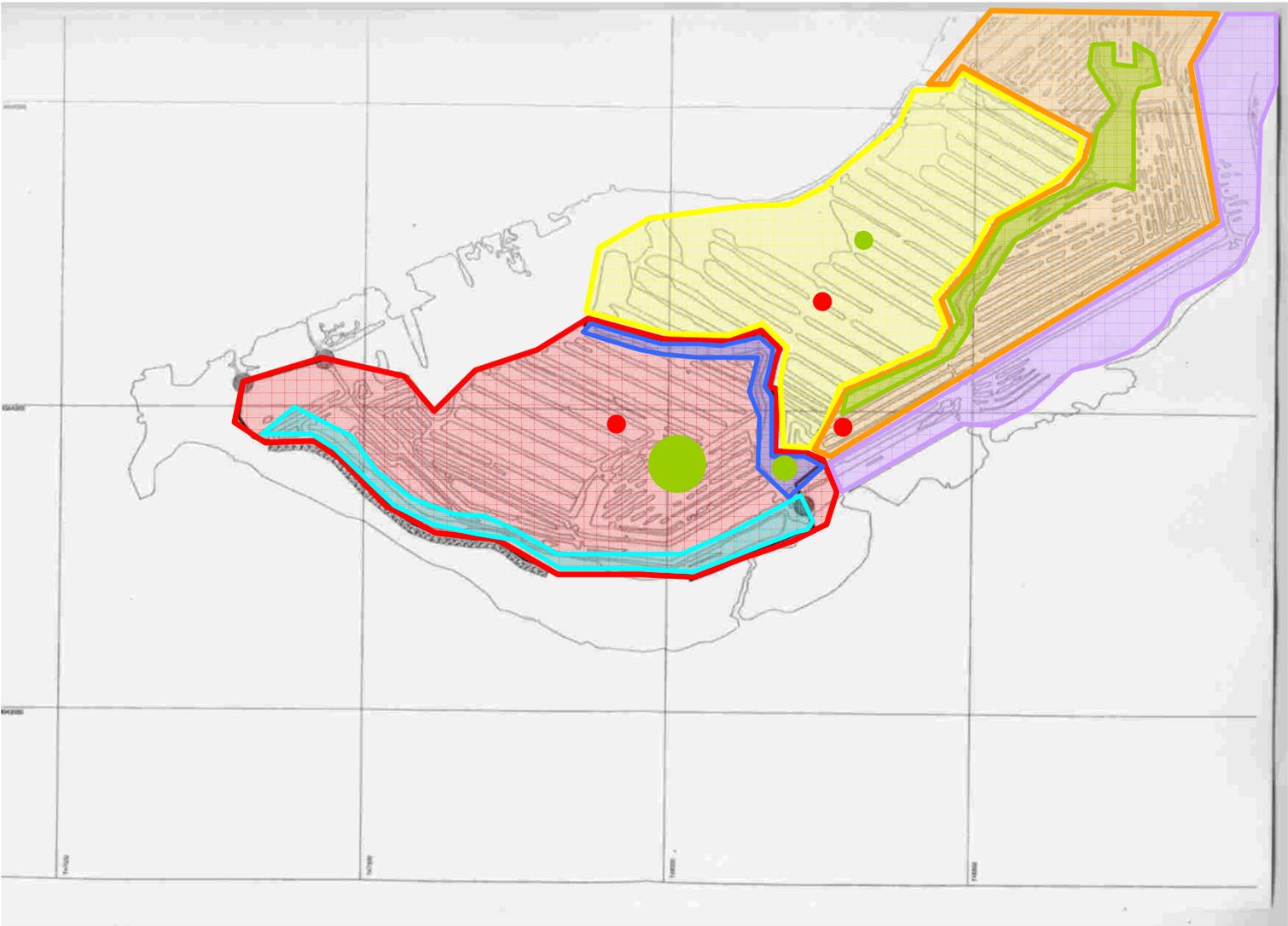
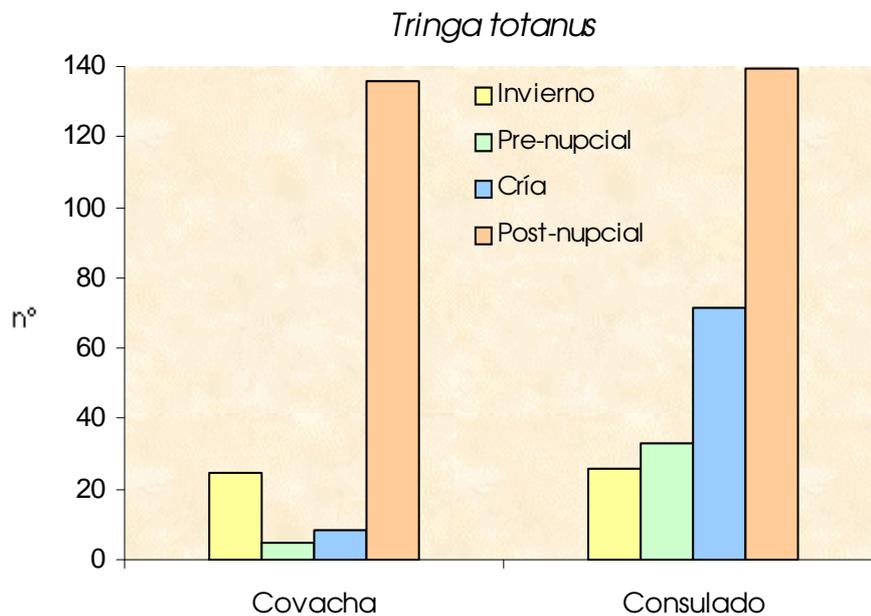


Figura 41: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Chorlitejo Patinegro durante la migración post-nupcial.

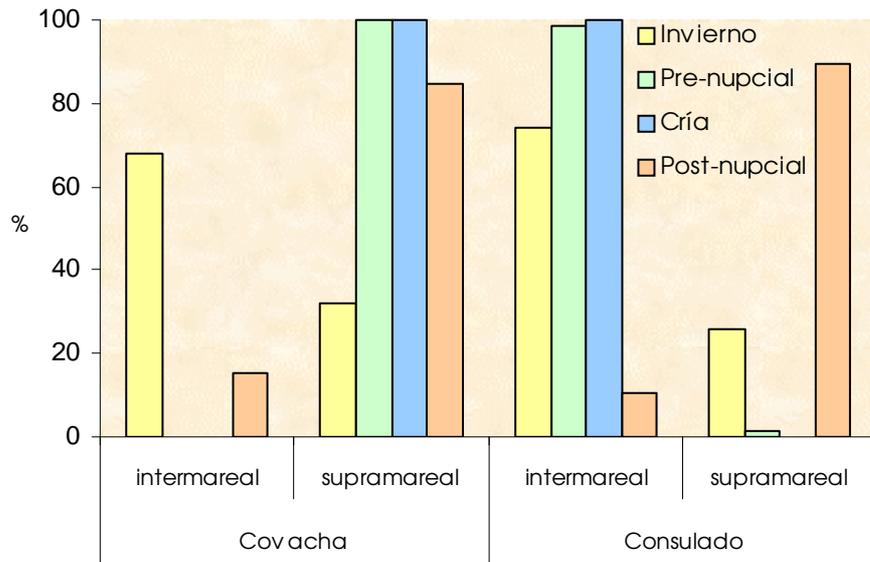
Archibebe Común (*Tringa totanus*)

Esta especie sí fue observada en mayor medida en la salina de El Consulado, sobre todo durante la migración post-nupcial y la cría (graf. 48). Y aumentó mucho el número medio de individuos en La Covacha en los meses de la migración post-nupcial.



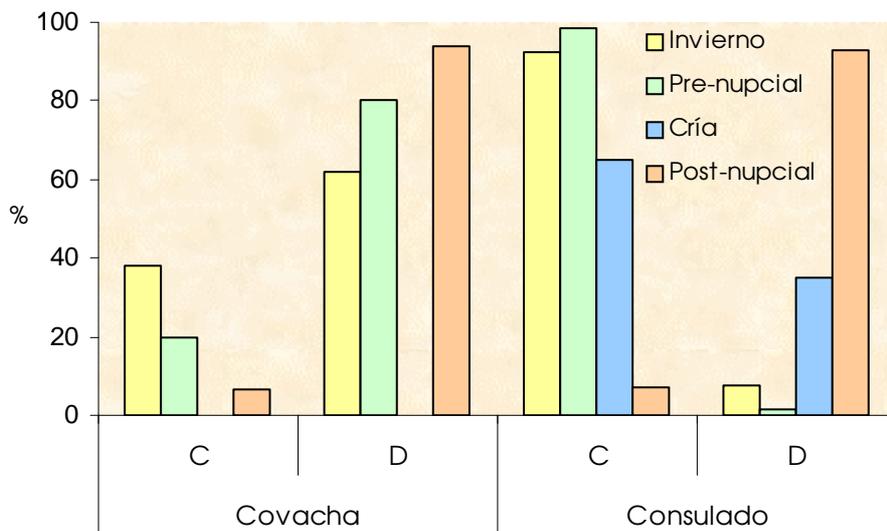
Gráfica 48: Número medio de Archibebe Común *Tringa totanus* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.

Existió una selección bastante clara de la zona supramareal frente a la intermareal por parte de esta especie en La Covacha, sobre todo en la cría y en la migración pre-nupcial con un 100% en ambas épocas y en el paso post-nupcial con un 85% (ver gráfica 49).



Gráfica 49: Porcentaje del total de Archibebe Común *Tringa totanus* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.

Esta especie sí utilizó en mayor medida para alimentarse la salina de El Consulado durante todo el año exceptuando el paso post-nupcial, siendo la zona más frecuentada durante la internada los antiguos cristalizadores (ver gráfica 50 y figura 43). Sin embargo, durante el paso post-nupcial la distribución del Archibebe común fue más variada, abarcando más zonas dentro de la salina El Consulado (fig. 45).



Gráfica 50: Actividad (porcentajes) de los Archibebe Común *Tringa totanus* en la zona supra-mareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

Asimismo, La Covacha fue utilizada principalmente como zona de descanso aunque sí se registró cierta actividad alimenticia, sobre todo en invierno. Esta especie, podemos decir, que sí utilizó las dos salinas objeto de estudio como zonas de alimentación pero en mayor medida la salina de El Consulado.

Como podemos ver en la figura 42, el Archibebe Común utilizó todas las zonas de La Covacha durante los meses de la invernada, tres de ellas para comer y dos para descansar. Como en otras especies, la zona que más utilizó fue la partida dos de los cristalizadores ya que la utilizó a diferencia de las demás zonas tanto para descansar como para comer. Fue en esta zona donde el mayor porcentaje descansó aunque también un porcentaje alto de Archibebees comparado con el resto de las zonas utilizaron esta zona para alimentarse.

En la salina de El Consulado esta especie solo utilizó la zona de actuación, siendo muy significativa la diferencia entre el porcentaje de aves que se alimentaron frente a las que descansaron, que fue un porcentaje bastante menor (fig. 43).

En la figura 41 se puede apreciar que esta especie durante la migración post-nupcial hizo uso de todas las zonas de la salina de La Covacha para alimentarse y descansar. A diferencia de la invernada, en este paso los evaporadores constituyen la zona más frecuentada por las aves y principalmente para descansar. Hay que destacar que durante los experimentos llevados a cabo con los niveles de agua en la salina de La Covacha, ya mencionados anteriormente, se contabilizaron un total de 350 Archibebees, de los cuales utilizaron la salina para alimentarse más de 200 individuos, durante la marea baja (ver apartado 3.3).

Igualmente ocurre en la salina de El Consulado (ver figura 45), donde se puede distinguir una amplia distribución del Archibebe Común por todas las zonas. Únicamente destacar los antiguos cristalizadores, donde el porcentaje es ligeramente superior y el uso que le dan es para descansar.

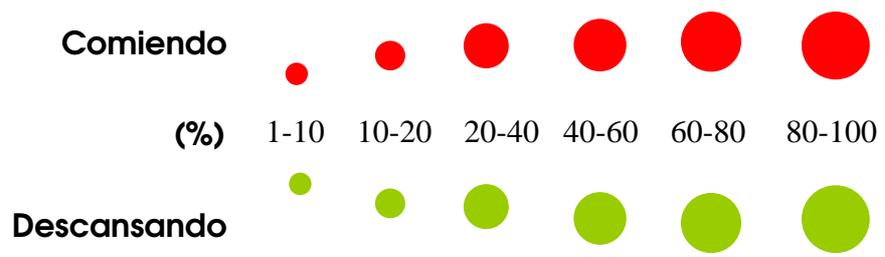
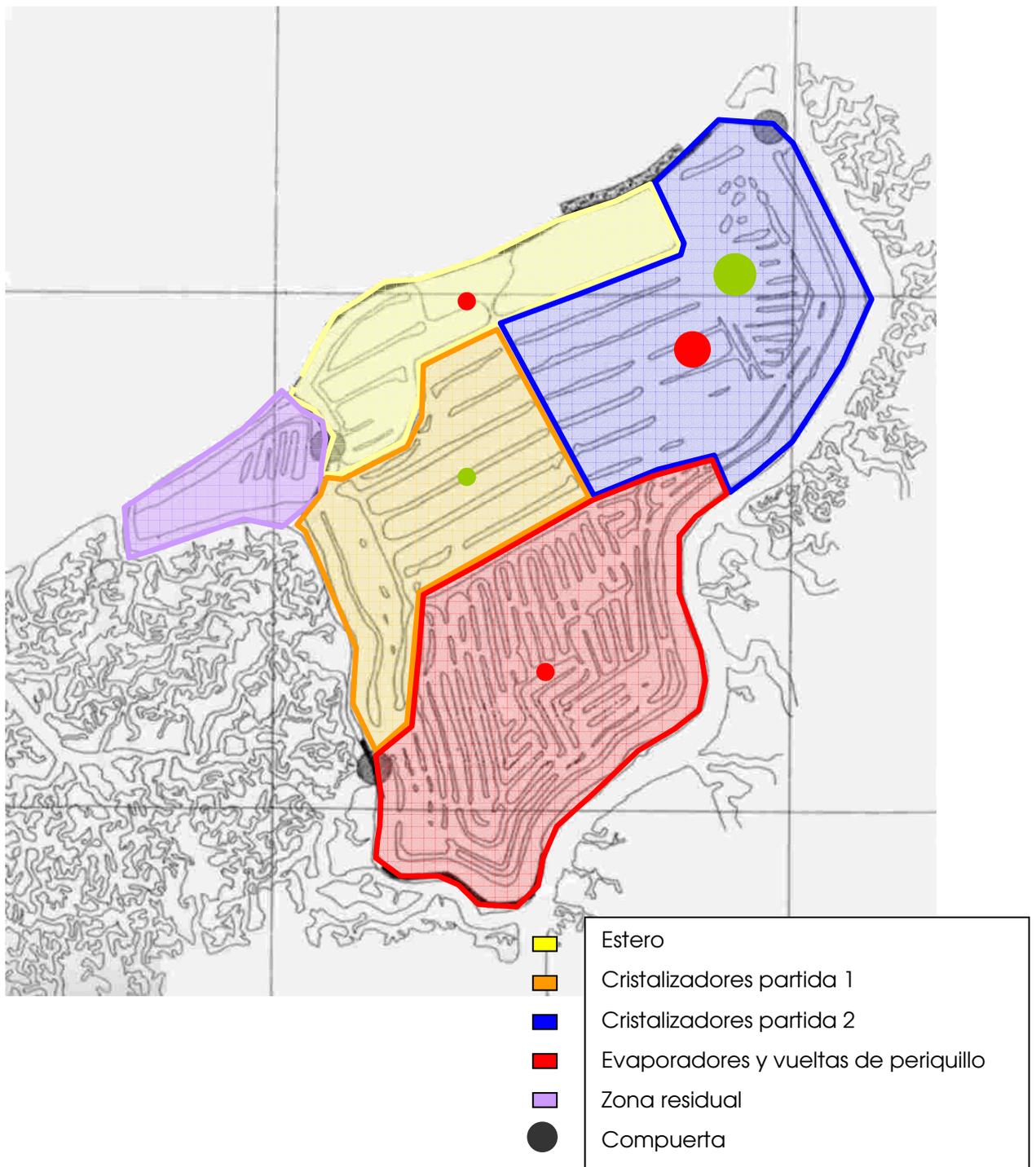
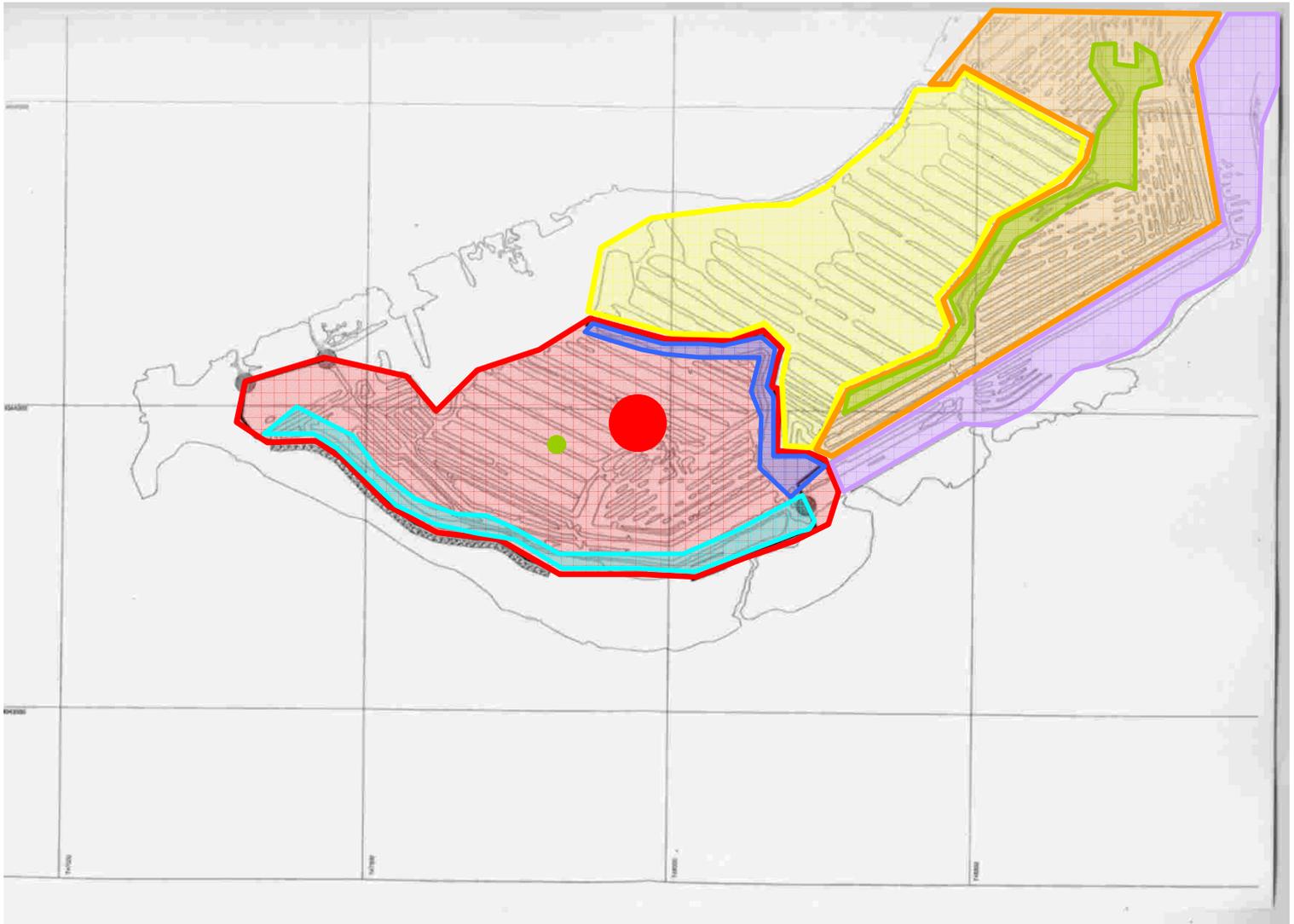


Figura 42: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Archibebe Común durante la invernada.



A, B, C

Evaporadores y vueltas de Periquillo

■ Cristalizadores centrales antigua partida 2

■ Zona final antigua partida 3

■ Canal 2

■ Estero zona final

■ Zona de actuación, cristalizadores antigua partida 1

■ Estero zona actuación

■ Canal zona de actuación

● Compuerta

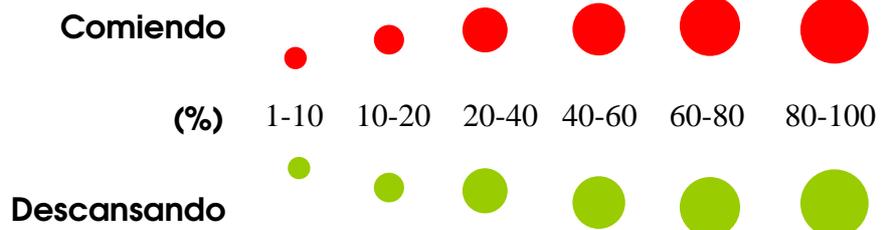


Figura 43: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Archibebe Común durante la invernada.

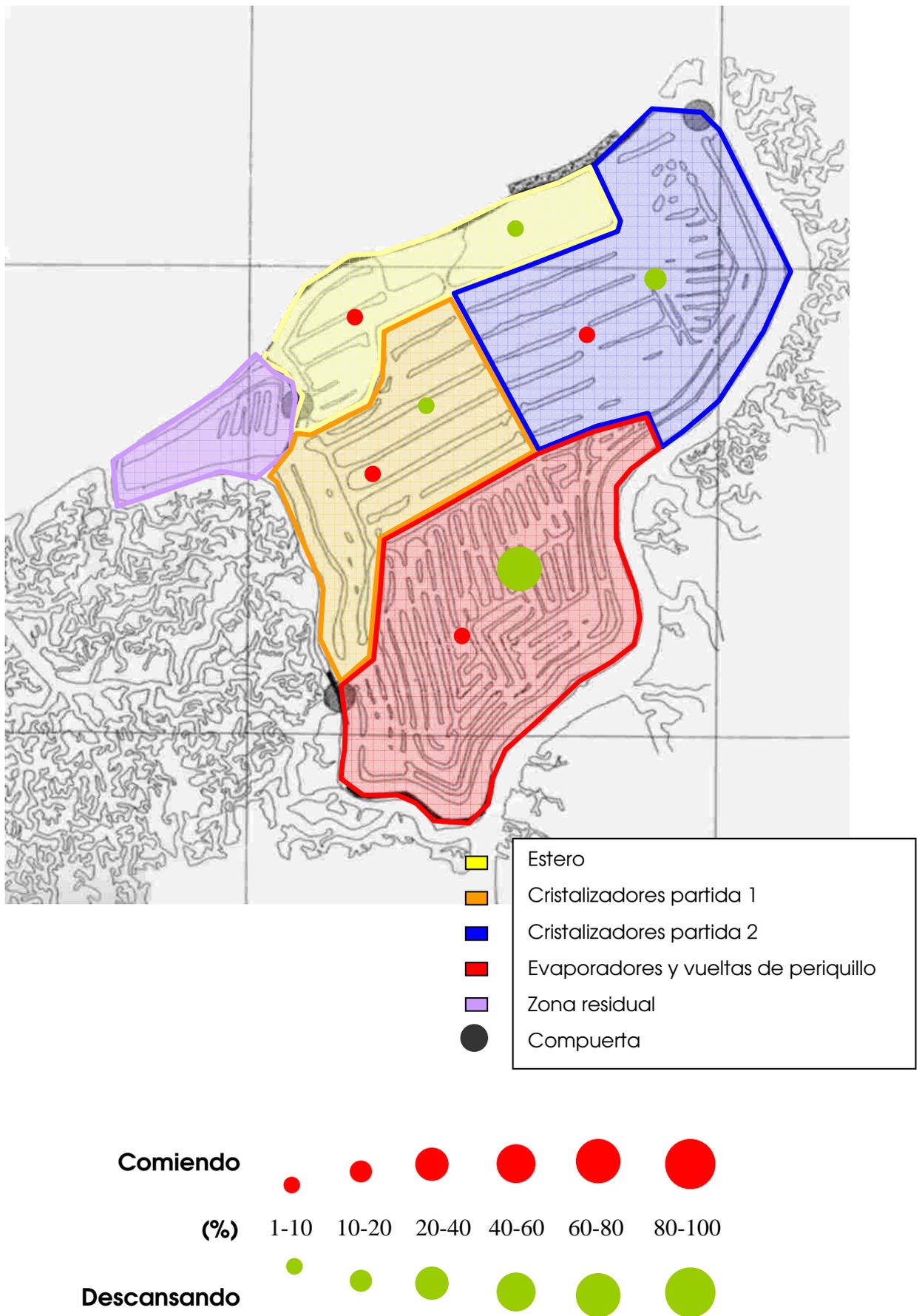


Figura 44: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Archibebe Común durante el paso post-nupcial.

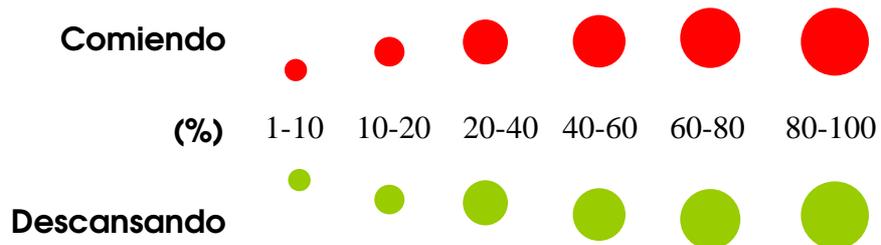
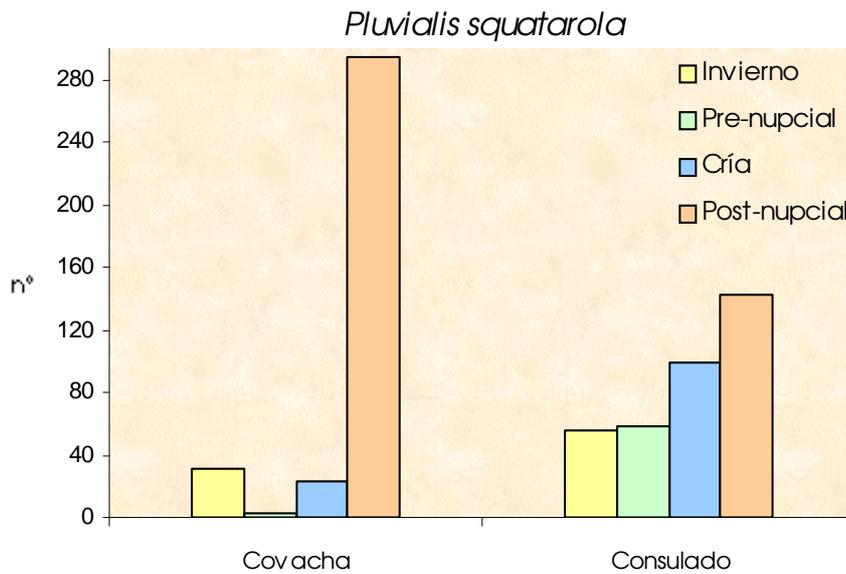


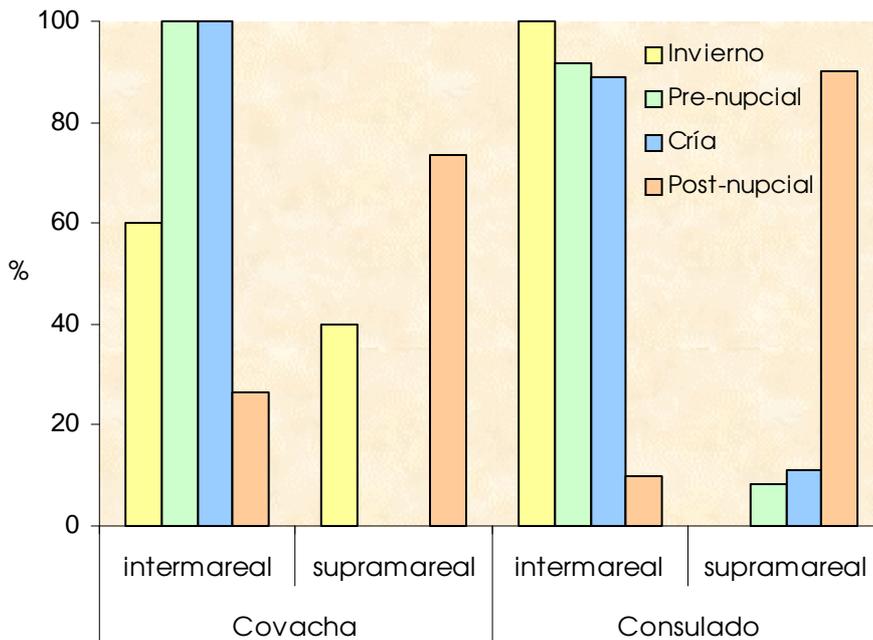
Figura 45: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Archibebe Común durante la migración post-nupcial.

Chorlito Gris (*Pluvialis squatarola*)

En cuanto al Chorlito Gris, observamos que aparece con un mayor número en la salina de El Consulado en la zona intermareal principalmente durante todo el año exceptuando la temporada de paso post-nupcial, en la cual aparece en mayor número en la zona supramareal en ambas salinas (graf. 51 y 52).

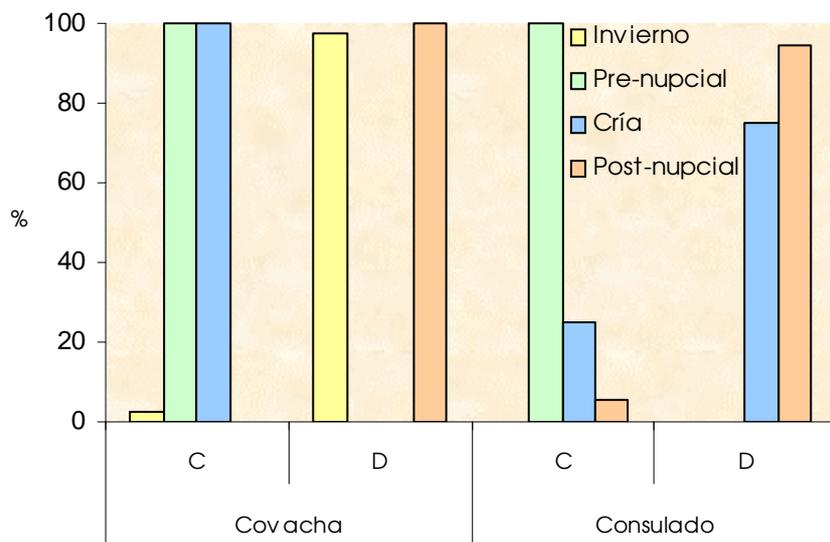


Gráfica 51: Número medio de Chorlito Gris *Pluvialis squatarola* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.



Gráfica 52: Porcentaje del total de Chorlito Gris *Pluvialis squatarola* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.

Con esta especie tenemos un claro ejemplo, al igual que con el Chorlito Grande, de utilización temporal de la zona supramareal. Durante la invernada no utiliza las salinas como zona de alimentación, mientras que durante la migración pre-nupcial y la cría utiliza ambas salinas para obtener recursos tróficos, aunque en bajo número y principalmente en la zona intermareal (graf. 52 y 53). Pero sin embargo, en la migración post-nupcial vuelve a ocurrir algo similar a lo que ocurre en la invernada, el uso que le dan las aves a las salinas es para el descanso pero en este caso en la zona supramareal. Podría existir una infravaloración del uso de estas dos salinas si sólo tuviéramos en cuenta los datos invernales y los del paso post-nupcial, ya que ambos nos indican que esta especie utiliza las salinas fundamentalmente como zona de descanso, pero si nos fijamos en los datos de la cría y el paso pre-nupcial, vemos que también hacen uso de ellas como zona de alimentación.



Gráfica 53: Actividad (porcentajes) de los Chorlito Gris *Pluvialis squatarola* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

En cuanto al uso de las estructuras de la salina de La Covacha, vemos que principalmente ha sido utilizada como zona de descanso los antiguos cristalizadores correspondiente a la partida 2 en la invernada (fig. 46) aunque

se ha visto alimentándose en la zona del antiguo estero cuando éste estaba con el nivel de agua bajo. En la figura 47 vemos que durante el paso post-nupcial, el único uso que le dan los Chorlitos grises a la salina de La Covacha es como zona de descanso, ubicándose primordialmente en el estero y los evaporadores.

La salina de El Consulado no ha sido utilizada por el Chorlito Gris durante la invernada. Sin embargo, durante los meses migratorios del post-nupcial, la distribución de esta especie en esta salina es bastante amplia, situándose con un mayor predominio en la zona de actuación y en la zona final antigua (fig. 48). Vemos también que en esta última zona y en los cristalizadores antiguos de la partida 2 aparecen los Chorlitos comiendo.

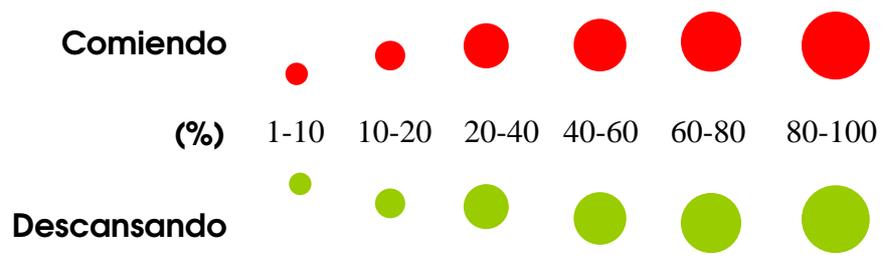
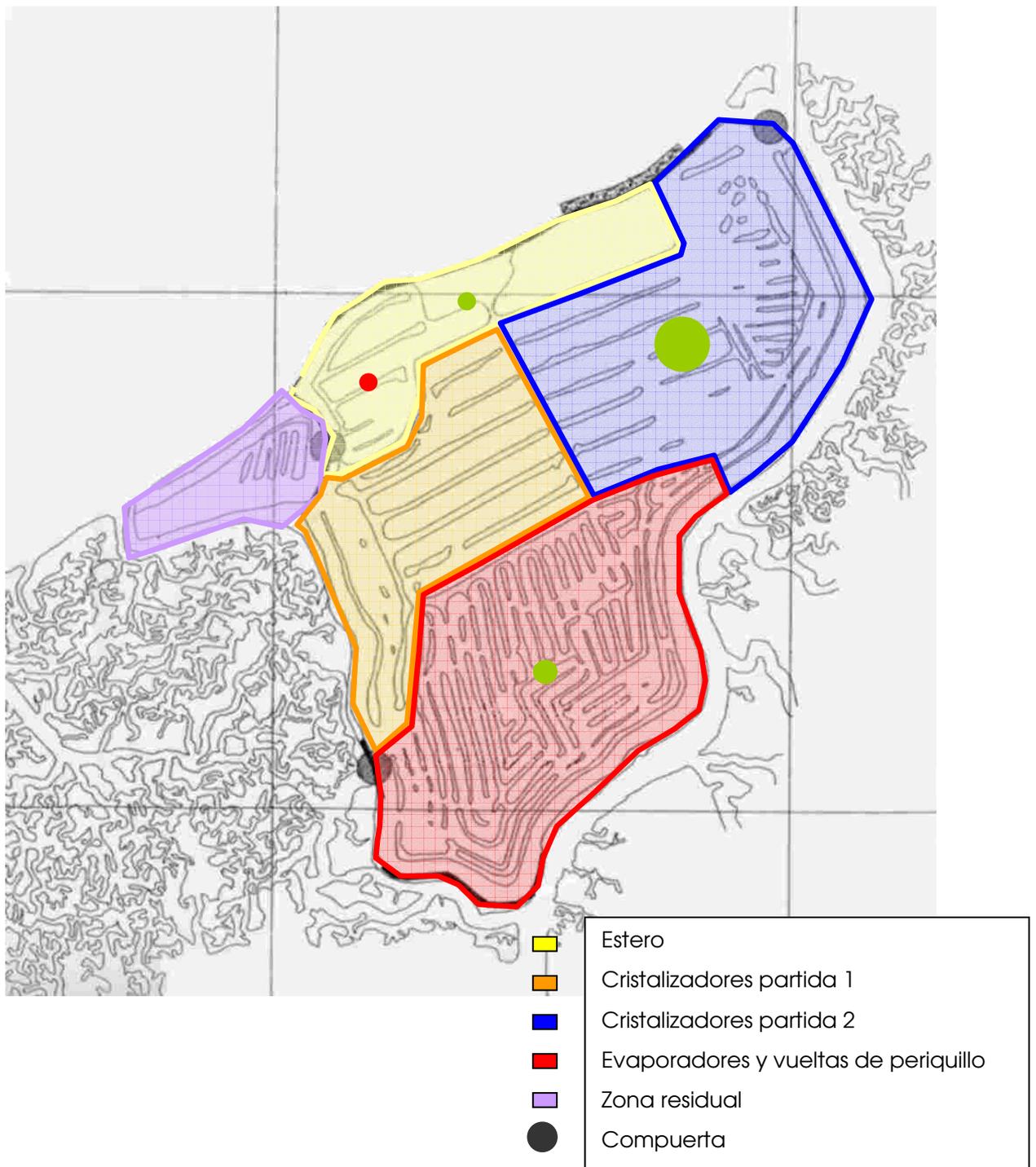


Figura 46: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlito Gris durante la invernada.

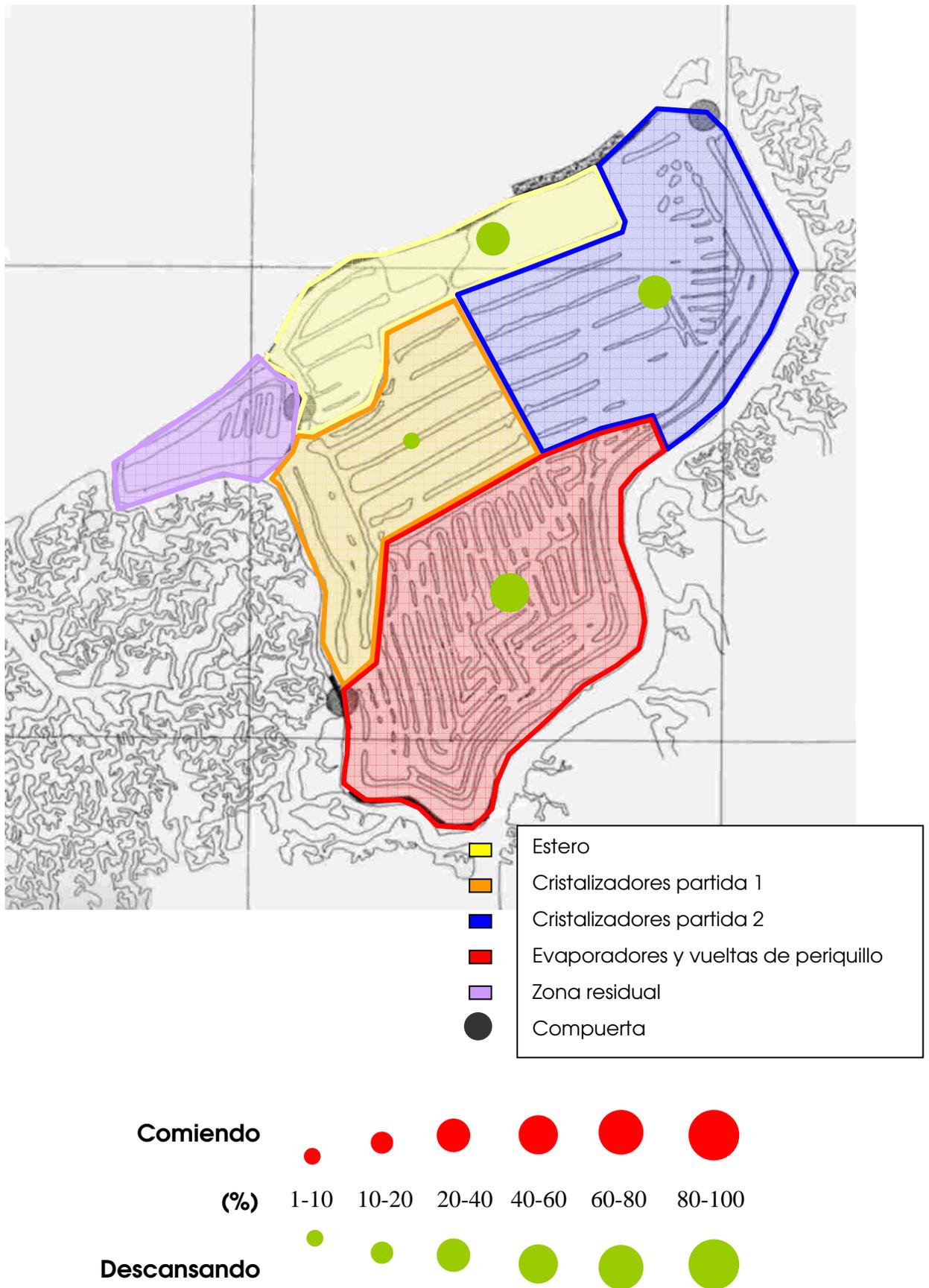


Figura 47: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Chorlito Gris durante el paso post-nupcial.

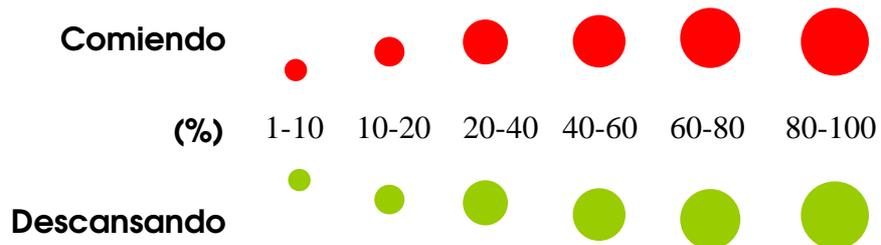
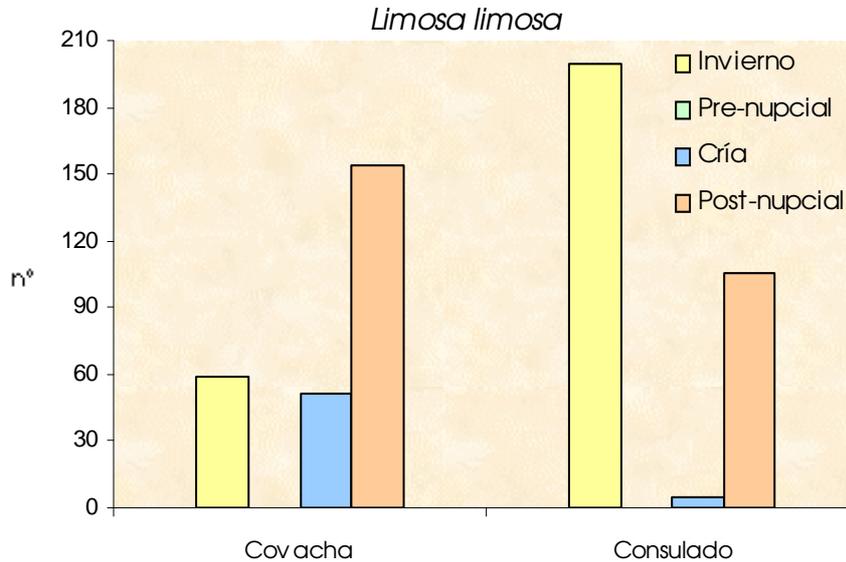


Figura 48: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Chorlito Gris durante la migración post-nupcial.

Aguja Colinegra (*Limosa limosa*)

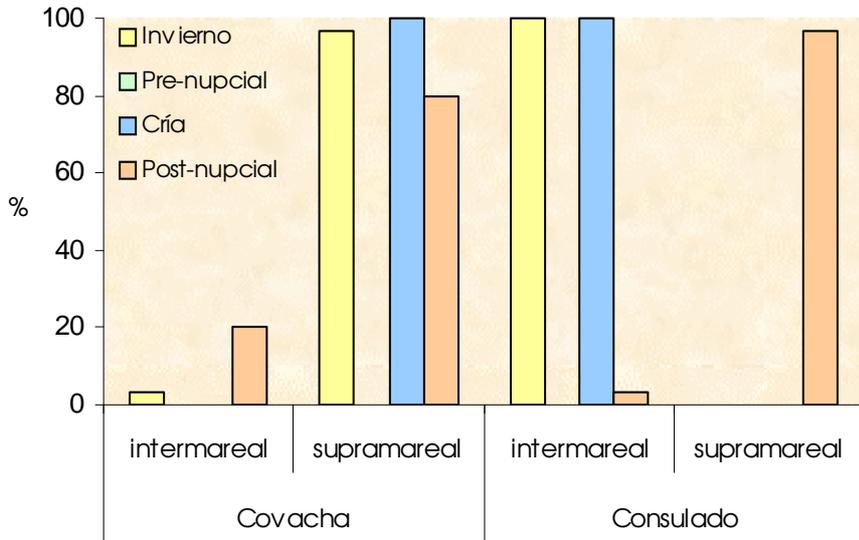
La Aguja Colinegra únicamente no utilizó estas dos salinas durante el paso pre-nupcial (graf. 54). De hecho, esta especie casi desaparece en la Bahía de Cádiz durante el paso pre-nupcial, o lo que se considera paso pre-nupcial. Puede ser que el paso lo realicen antes, o bien que utilicen unas vías más interiores en migración pre-nupcial. Sin embargo, sí utiliza el Parque Natural Bahía de Cádiz, encontrándose generalmente números muy amplios durante la migración post-nupcial (Hortas 1997).



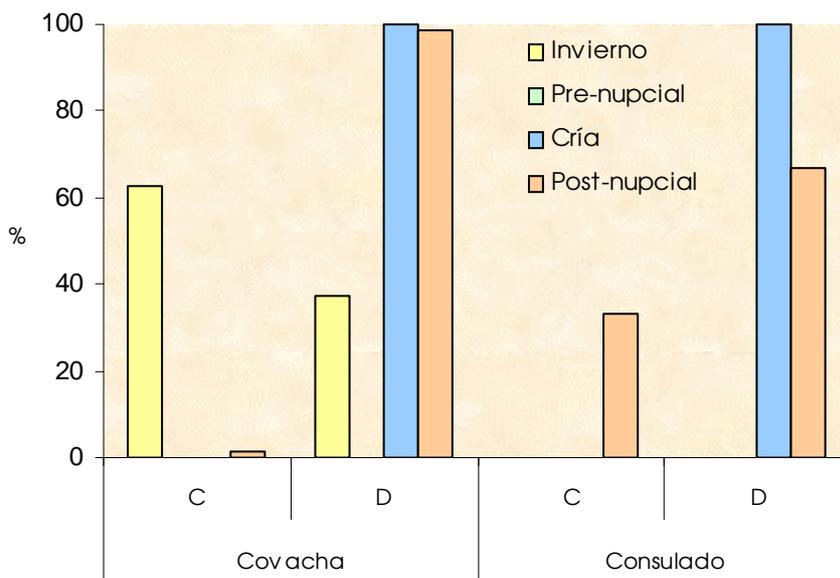
Gráfica 54: Número medio de Aguja Colinegra *Limosa limosa* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.

En la salina de La Covacha la Aguja Colinegra fue avistada alimentándose frecuentemente durante la invernada en la zona supramareal, sin embargo en la cría y la migración post-nupcial utilizaron esta salina como zona de descanso. Mientras que en la salina de El Consulado dicha especie fue siempre encontrada descansando en la zona intermareal en la invernada y en la cría, no existiendo ningún avistamiento de la misma dentro de la salina

en estas temporadas y en el paso pre-nupcial, aunque sí se realizaron seguimientos de esta especie en la migración post-nupcial, detectándose un porcentaje de ellas comiendo en la zona supramareal (ver gráficas 55 y 56).



Gráfica 55: Porcentaje del total de Aguja Colinegra *Limosa limosa* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.



Gráfica 56: Actividad (porcentajes) de los Aguja Colinegra *Limosa limosa* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

En cuanto al uso de las estructuras de la salina, a diferencia de la mayoría de las especies más pequeñas de limícolas, las Agujas colinegras se repartieron más homogéneamente por la salina La Covacha. Utilizaron todas las zonas para comer en la invernada, aunque los mayores porcentajes de Agujas alimentándose se localizaron en el estero y en la segunda partida de cristalizadores. Por otro lado, las aves también utilizaron el estero y la zona de evaporadores y vueltas de periquillo para descansar, especialmente esta última zona (fig. 49).

Sin embargo, en la figura 50 vemos que la distribución de la Aguja Colinegra cambia en los meses de la migración post-nupcial, eligiendo como zona de descanso básicamente los evaporadores, mientras que los cristalizadores de la partida 2 fueron usados en un menor número para descansar y alimentarse. Sin embargo durante los experimentos llevados a cabo con los niveles de agua en la salina de La Covacha, ya mencionados anteriormente, se contabilizaron hasta 800 Agujas Colinegras en la salina, de los cuales utilizaron la salina para alimentarse más de más de 500 individuos, (ver apartado 3.3).

Esta especie no fue observada en la salina El Consulado durante la invernada, como ocurría con el Chorlito Gris. No obstante, se avistaron durante la migración post-nupcial en las zonas de los antiguos cristalizadores y en los cristalizadores centrales (ver figura 51).

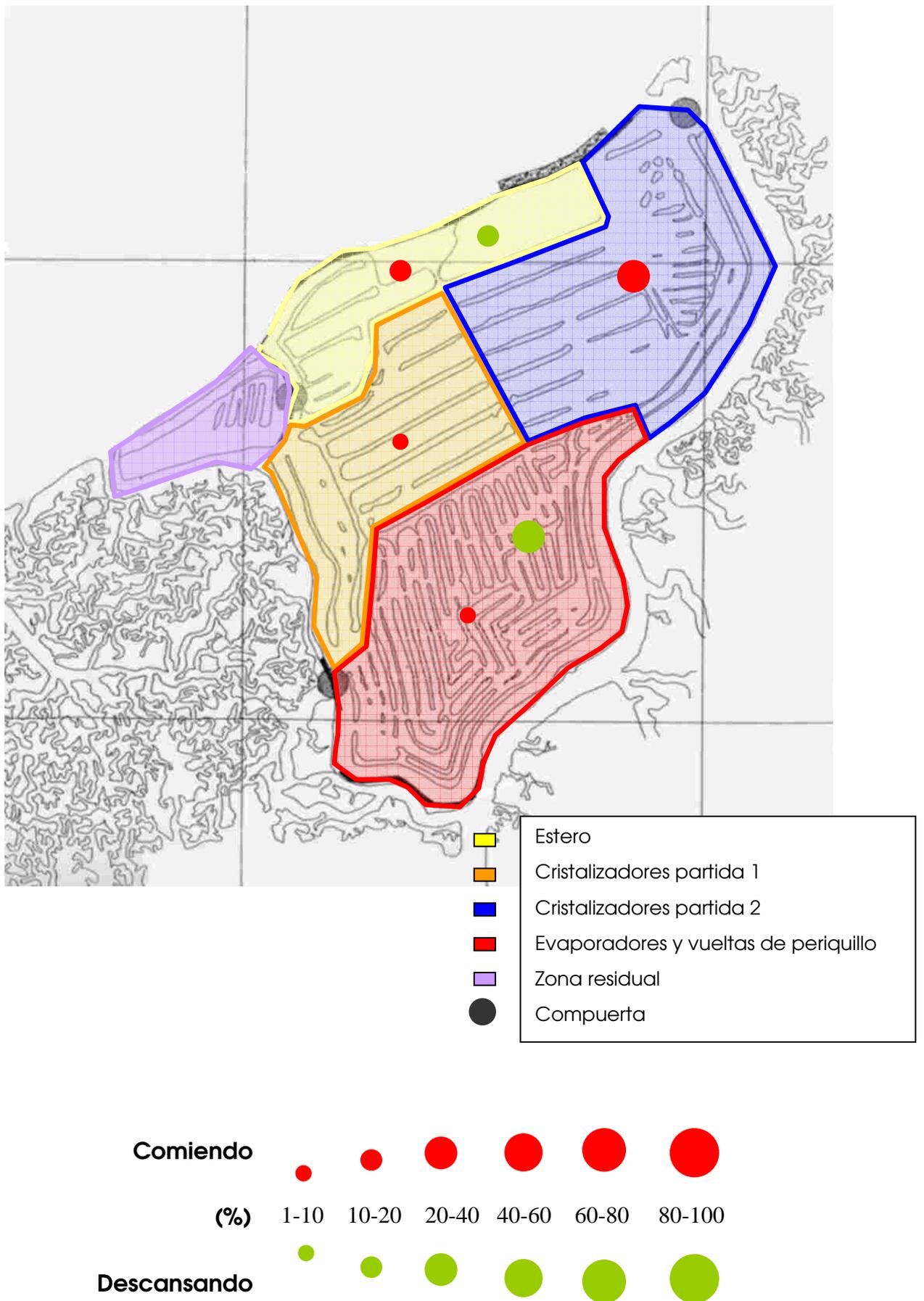


Figura 49: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Aguja Colinegra durante la invernada.

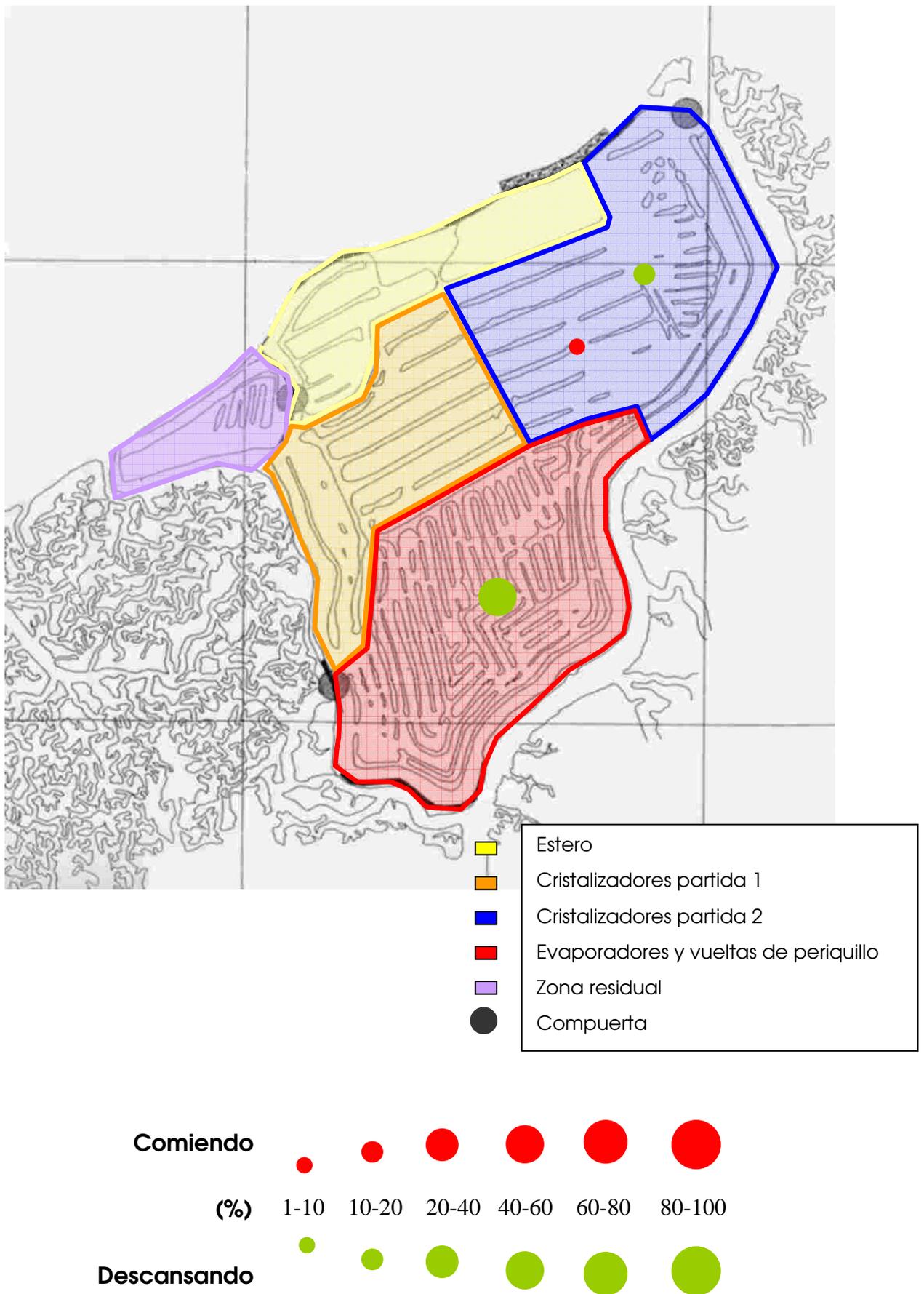


Figura 50: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Aguja Colinegra durante el paso post-nupcial.

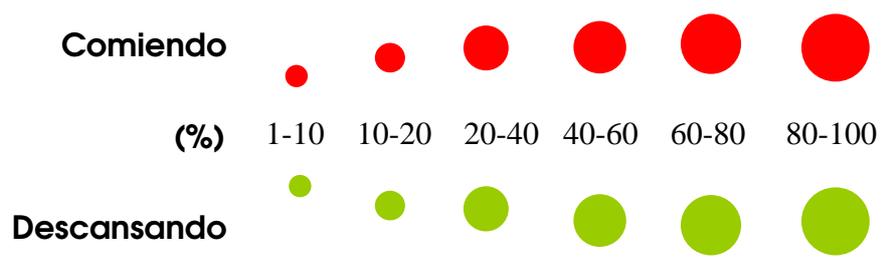
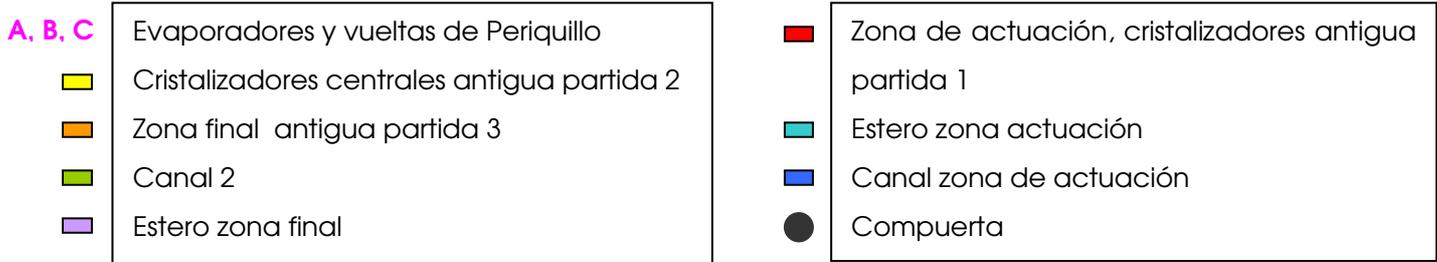
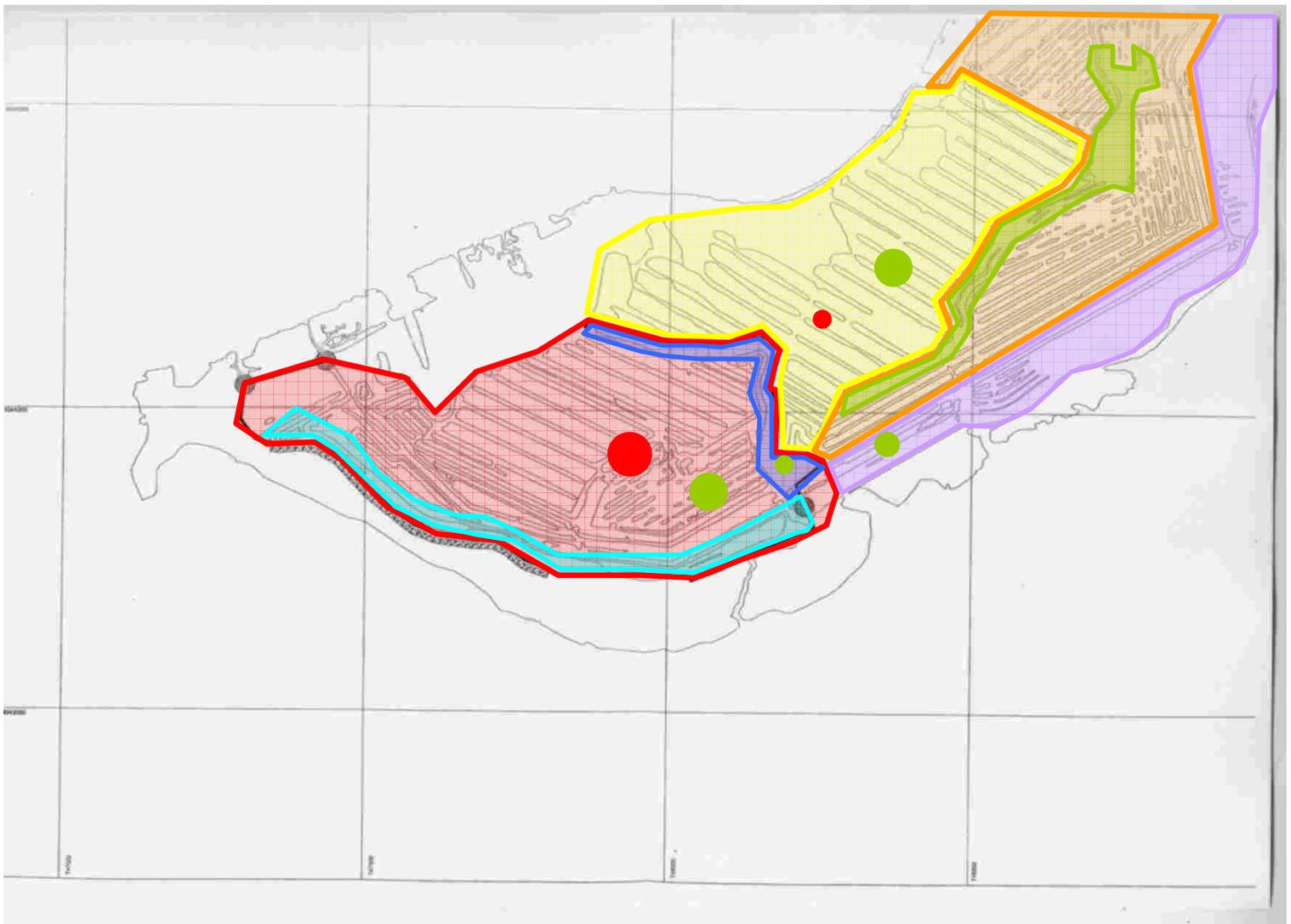
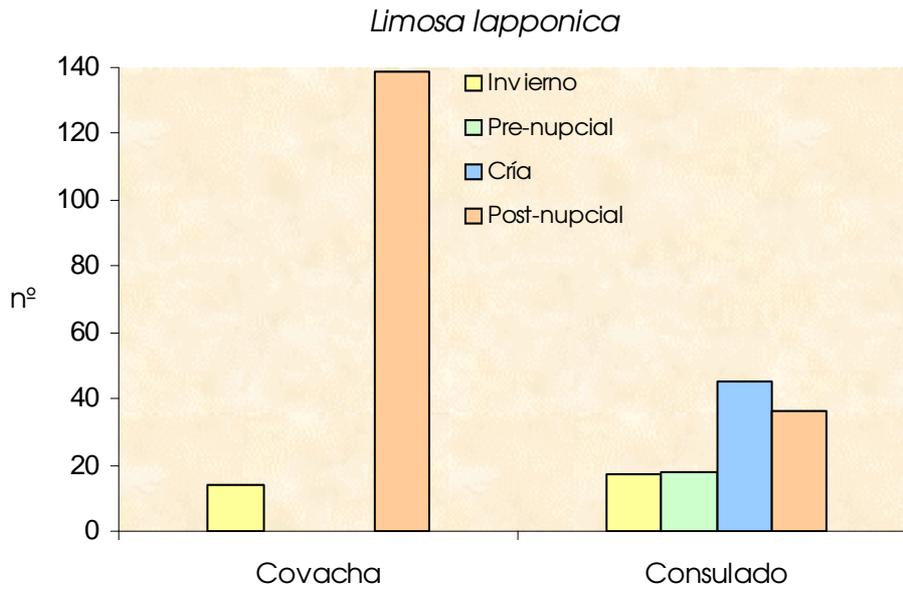


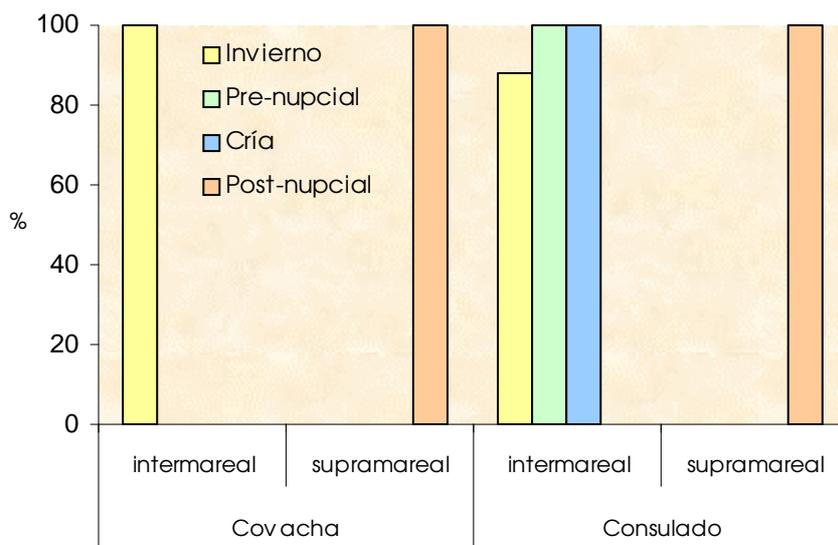
Figura 51: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Aguja Colinegra durante la migración post-nupcial.

Aguja Colipinta (*Limosa lapponica*)

En cuanto a la Aguja Colipinta, queda aquí patente (ver gráfica 57, 58 y 59) su preferencia por las zonas de alimentación intermareales frente a la Aguja Colinegra que sí utiliza las zonas supramareales para alimentarse.

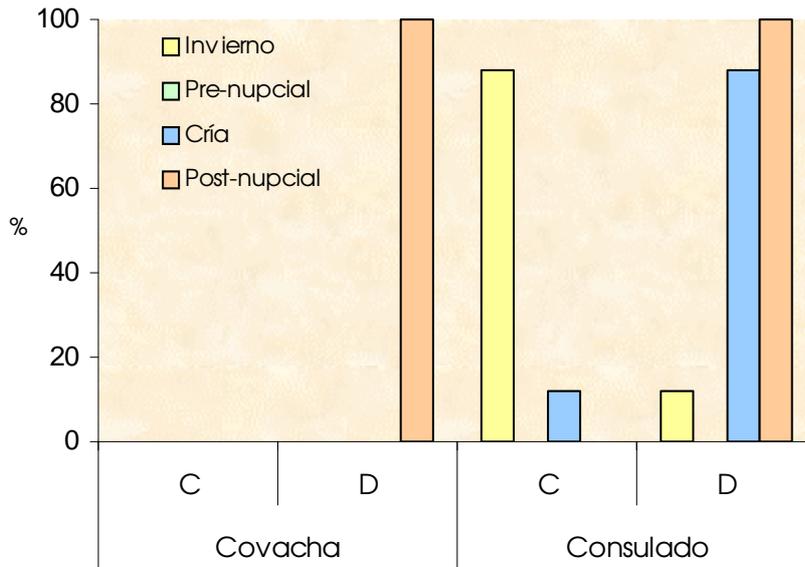


Gráfica 57: Número medio de Aguja Colipinta *Limosa lapponica* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.



Gráfica 58: Porcentaje del total de Aguja Colipinta *Limosa lapponica* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.

La Aguja Colipinta no utiliza las salinas durante el invierno, el paso pre-nupcial y la cría, encontrándose únicamente en las zonas intermareales anexas a ambas salinas. Exclusivamente utiliza la zona supramareal en ambas salinas en la migración post-nupcial y como zona de descanso (ver gráfica 58 y 59).



Gráfica 59: Actividad (porcentajes) de los Aguja Colipinta *Limosa lapponica* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

La Aguja Colipinta utiliza las salinas de La Covacha y de El Consulado únicamente como zona de descanso como queda reflejado en las figuras 52 y 53 y como vimos en la gráfica 28 anteriormente comentada.

Vemos que en la salina de La Covacha se ubican primordialmente en los evaporadores usando en una menor proporción los cristalizadores de la partida 2 (fig. 52).

En la salina de El Consulado también se centran en una zona, siendo en este caso la parte elegida la zona más cercana al área intermareal (fig. 53).

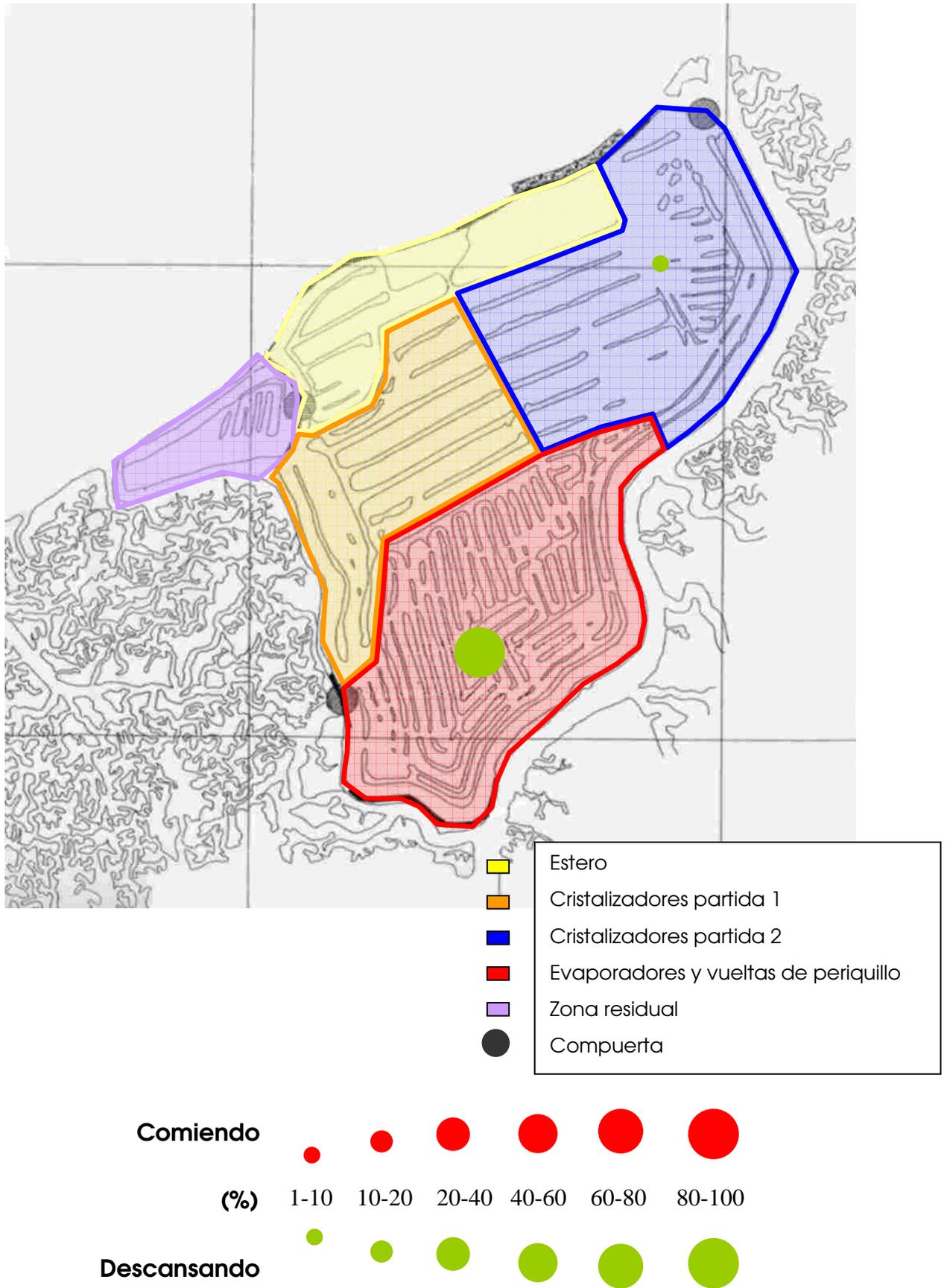


Figura 52: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Aguja Colipinta durante el paso post-nupcial.

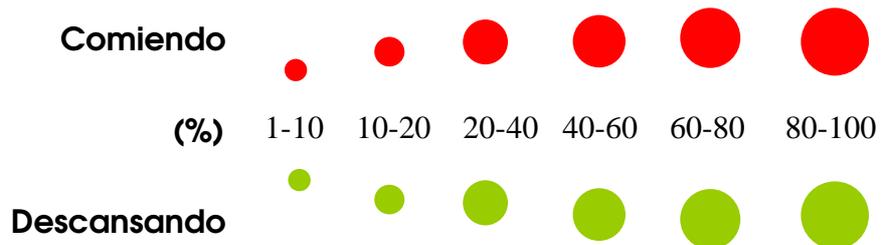
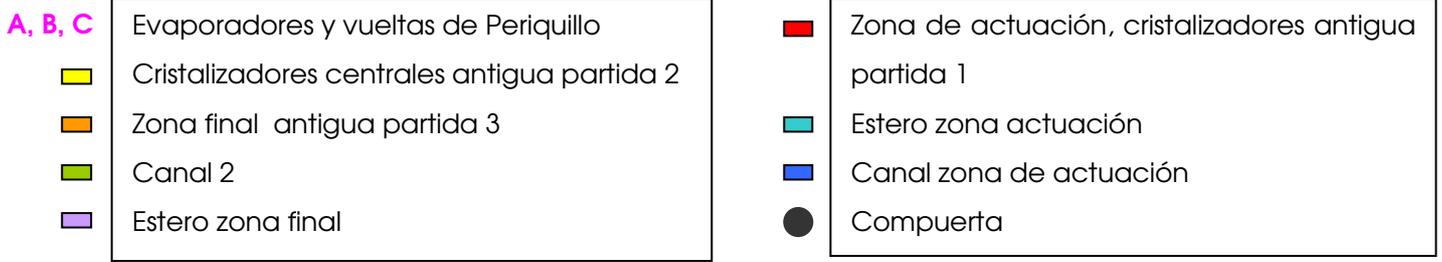
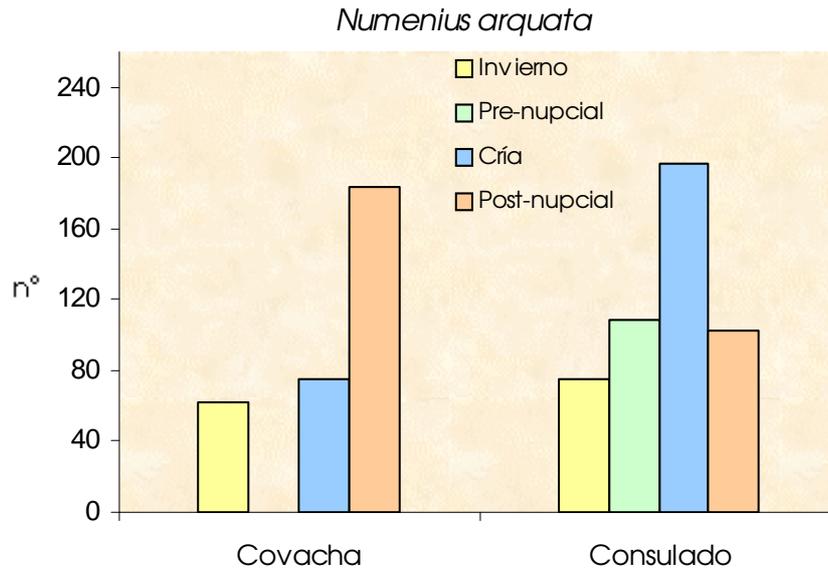


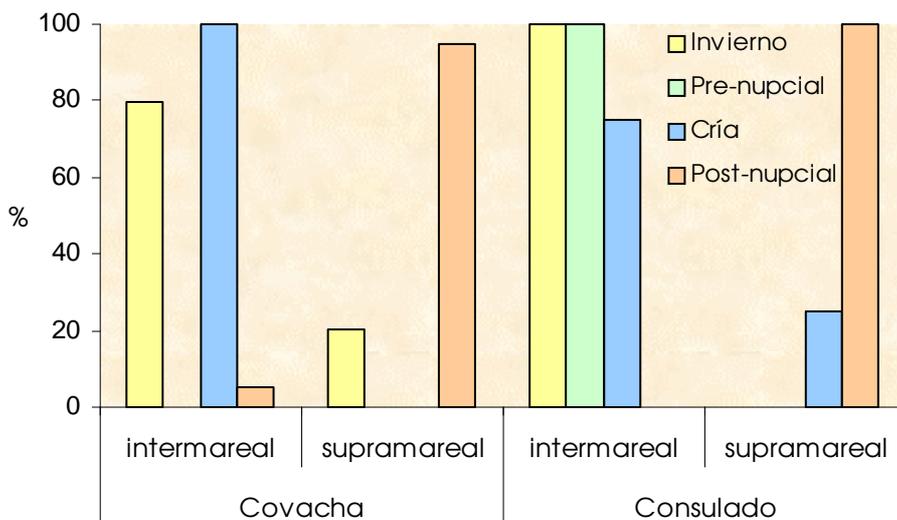
Figura 53: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Aguja Colipinta durante la migración post-nupcial.

Zarapito Real (*Numenius arquata*)

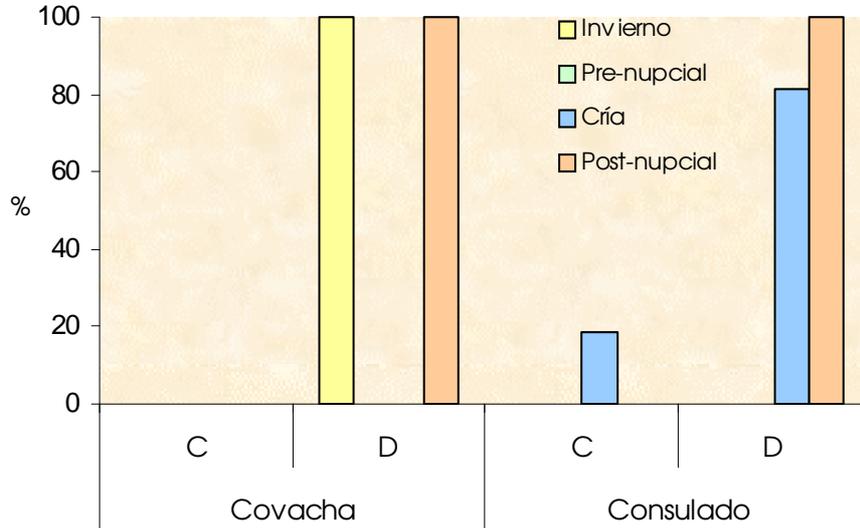
En cuanto al Zarapito Real se observa en la gráfica 60 que ha utilizado la salina de La Covacha durante todas las épocas del año excepto en la migración pre-nupcial, mientras que la salina de El Consulado ha sido utilizada en todos los periodos.



Gráfica 60: Número medio de Zarapito Real *Numenius arquata* censados en la salina de La Covacha y El Consulado.



Gráfica 61: Porcentaje del total de Zarapito Real *Numenius arquata* censados en las salinas La Covacha y El Consulado que han utilizado la zona supra e intermareal.



Gráfica 62: Actividad (porcentajes) de los Zarapitos reales *Numenius arquata* en la zona supramareal (interior) de la salina La Covacha y El Consulado.

En las gráficas 61 y 62 podemos ver que el Zarapito Real no ha utilizado la zona supramareal de la salina de El Consulado, sólo utilizando los fangos intermareales anexos a ella durante la invernada y el paso pre-nupcial. En la cría sí se le ha visto en la zona supramareal pero principalmente descansando. Sin embargo, durante los meses del paso post-nupcial, vemos que el 100% de los Zarapitos reales se encuentran en la zona supramareal aunque todos descansando.

En cuanto a la salina de La Covacha, sí fue utilizada la zona supramareal (aunque en escaso porcentaje en la invernada) pero como zona de descanso. Casi el 100% de Zarapitos reales avistados en la salina de La Covacha estaba en la zona supramareal descansando. Podemos ver en la figura 54, que esta especie se encontró en invernada en La Covacha y el cien por cien de las aves presentes utilizaron la partida dos de los cristalizadores para descansar. Sin embargo, durante la migración post-nupcial, la distribución de esta especie fue más amplia, abarcando además de los

cristalizadores de la partida 2, los evaporadores y en menor proporción el estero (ver figura 55).

Esta especie no fue observada en la salina El Consulado durante la invernada, hecho que no ocurrió en el paso migratorio post-nupcial, ya que sí fue avistada en esta salina y concretamente en la zona más cercana al intermareal incluyendo el estero bordeado por el muro limítrofe de la salina en un mayor porcentaje, apareciendo también en la zona de actuación y en los cristalizadores centrales pero en una proporción bastante inferior con respecto a las otras dos zonas (fig. 56).

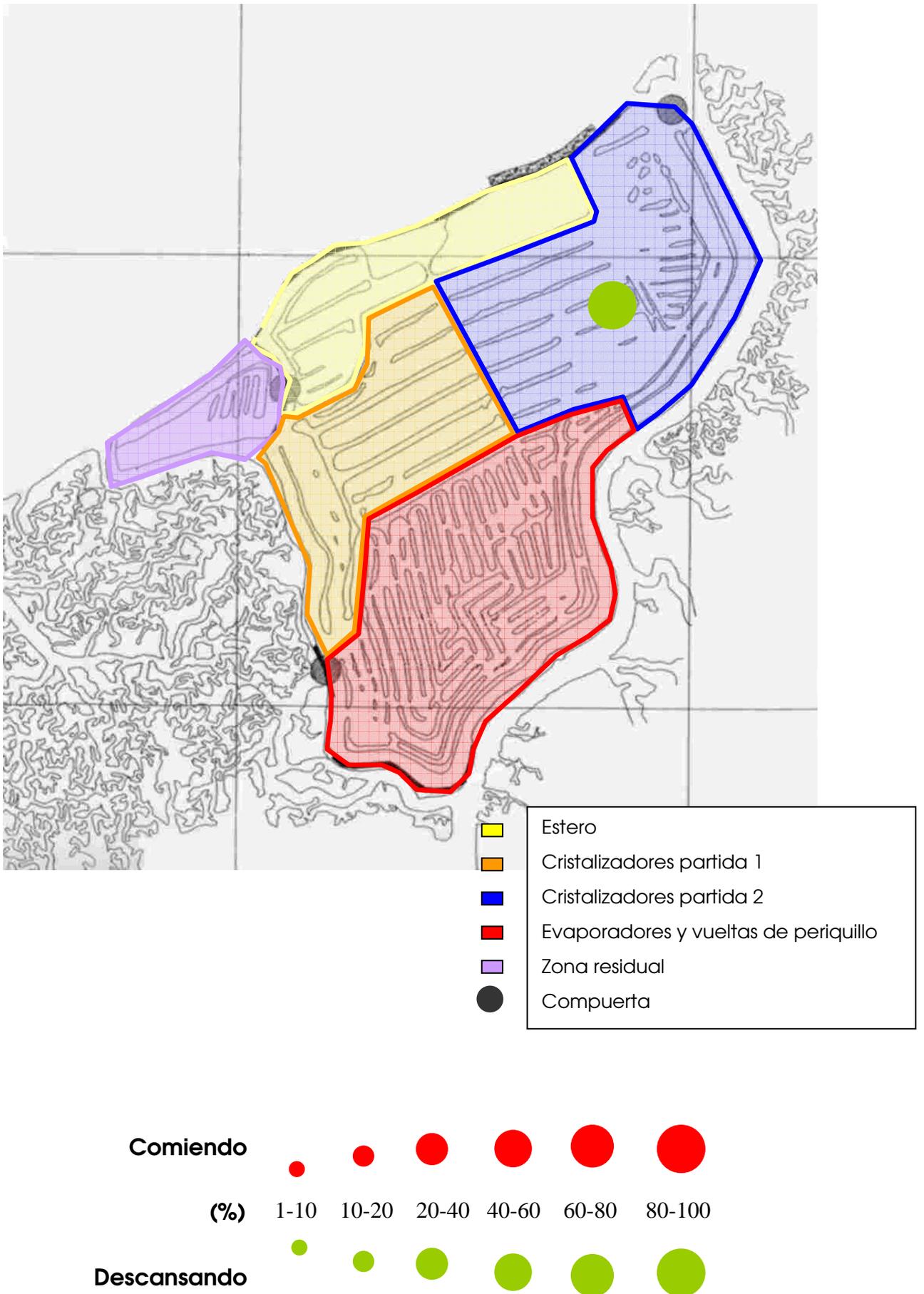


Figura 54: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Zarapito Real durante la invernada.

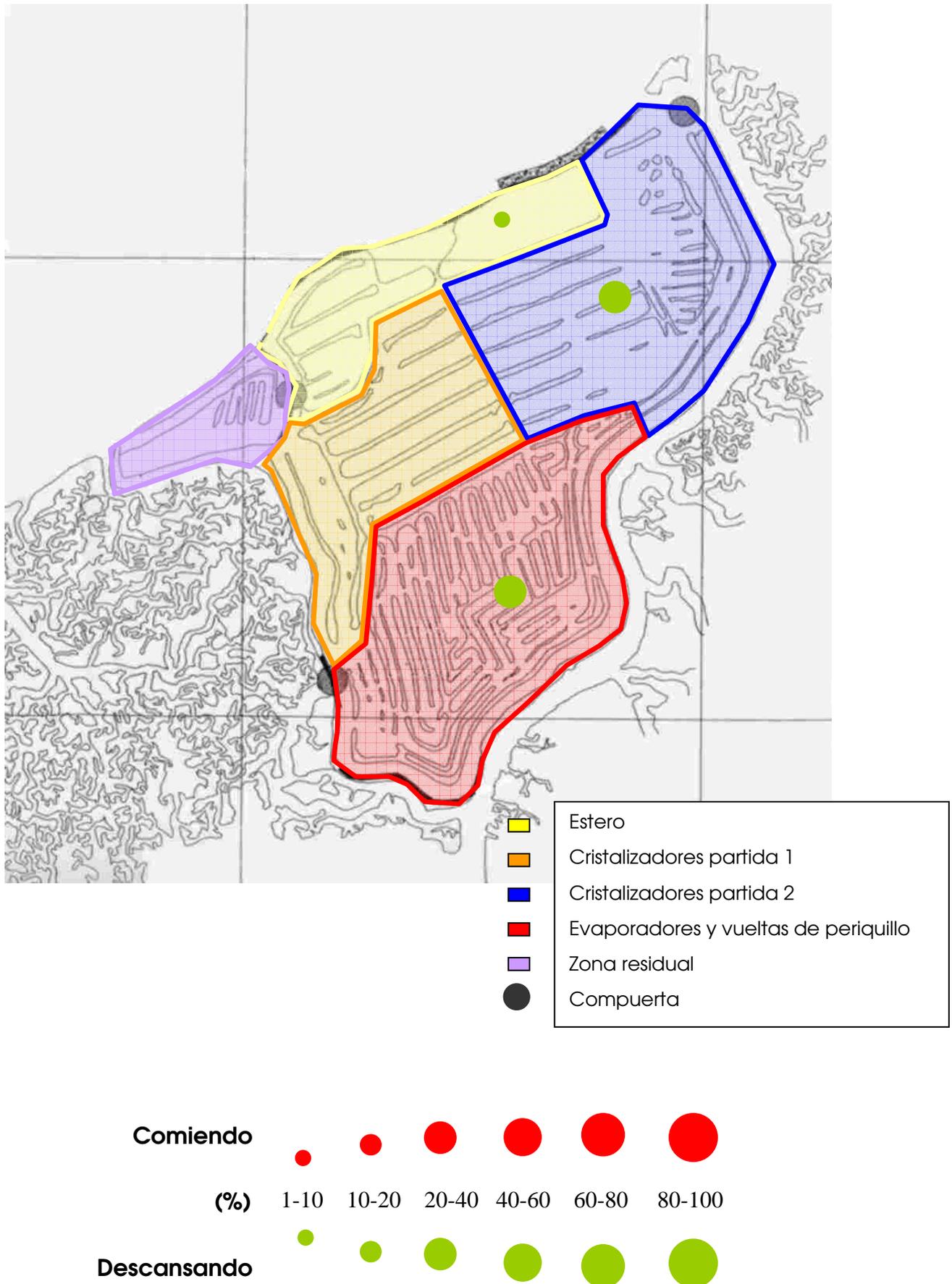


Figura 55: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina La Covacha del Zarapito Real durante el paso post-nupcial.

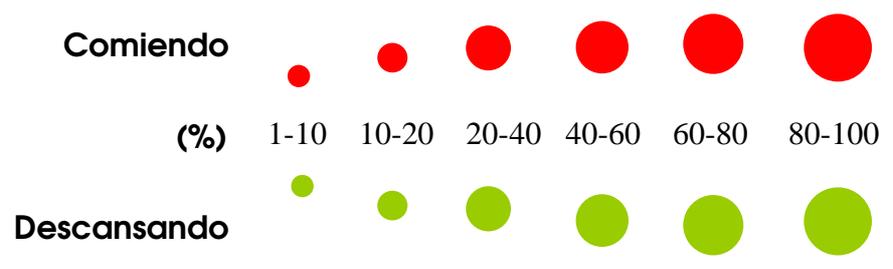
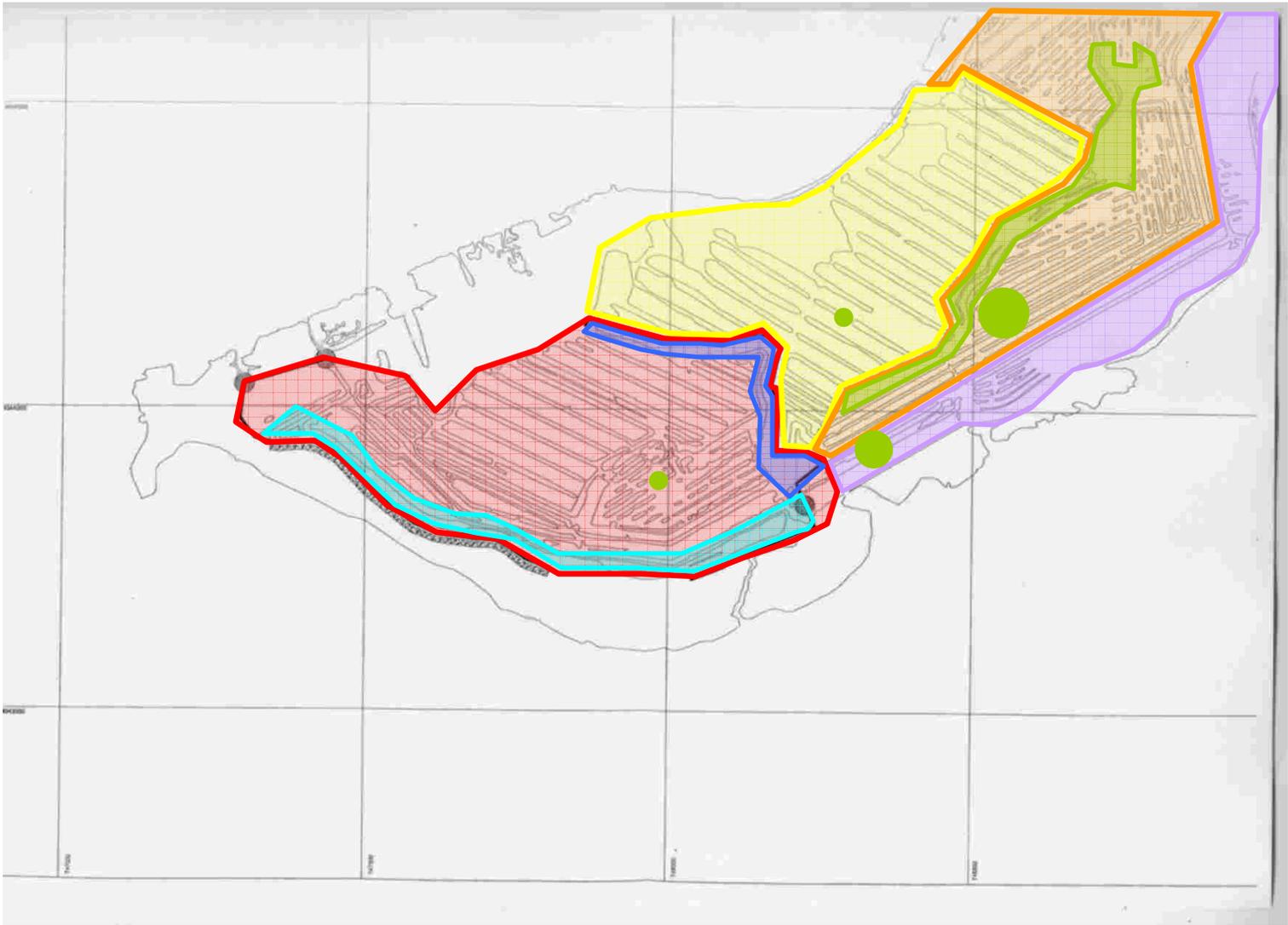
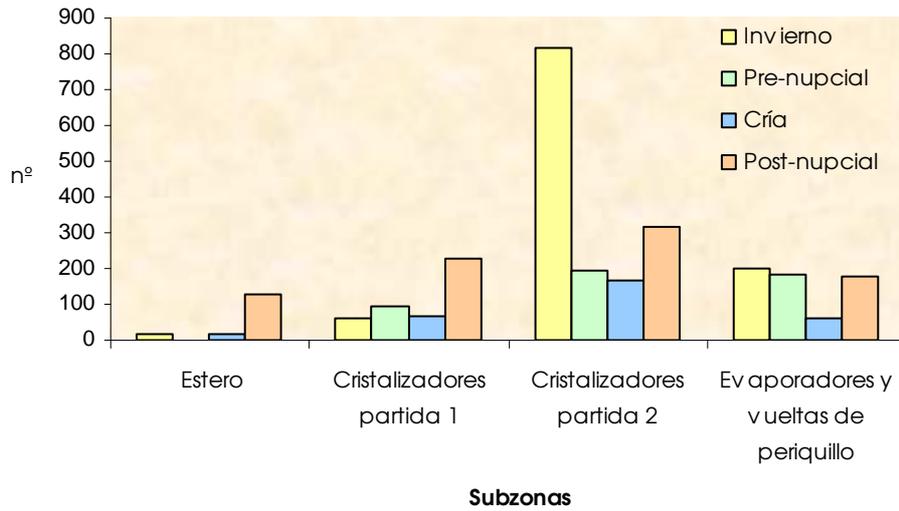


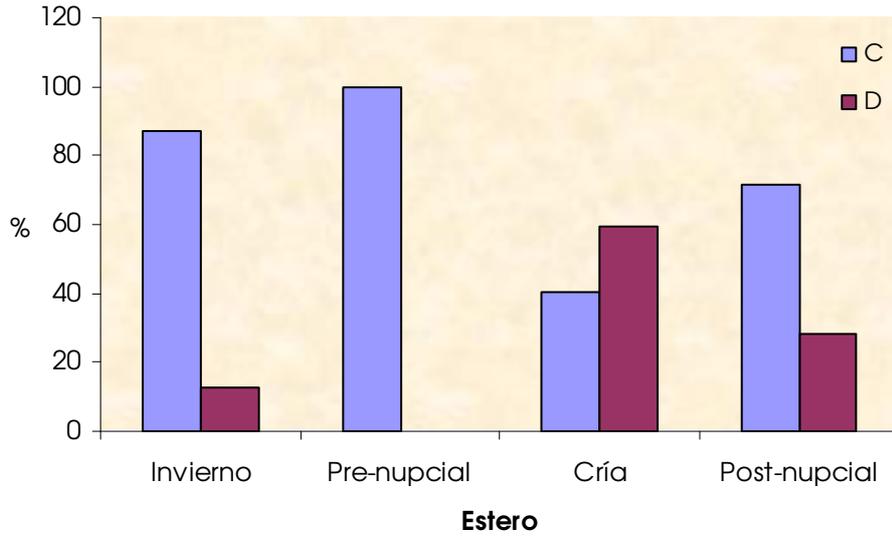
Figura 56: Uso de las distintas zonas y estructuras en la salina El Consulado del Zarapito Real durante la migración post-nupcial.

En resumen, en el caso de La Covacha todas las especies de limícolas utilizaron preferentemente la partida dos de los cristalizadores frente a las otras subzonas, destacando sobre todo la temporada de la invernada (ver gráfica 63). En la migración post-nupcial existió una distribución más homogénea en la salina de La Covacha.



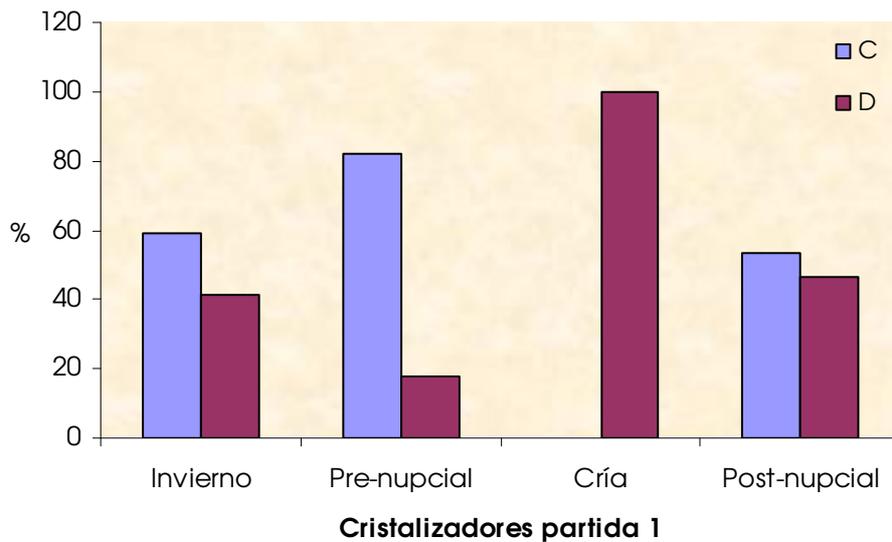
Gráfica 63: Número medio de aves censadas en las distintas zonas de la salina La Covacha

El estero fue utilizado por el conjunto de las aves principalmente como zona para obtener sus recursos tróficos, aunque durante todo el año exceptuando la época pre-nupcial también le dieron un uso para el descanso. Señalar que la variación en el uso durante la cría, donde existió un mayor porcentaje de aves descansando que comiendo, puede ser debido a que en esos meses el nivel del agua en toda la salina fue alto, no siendo accesible las presas a las aves (graf. 64).



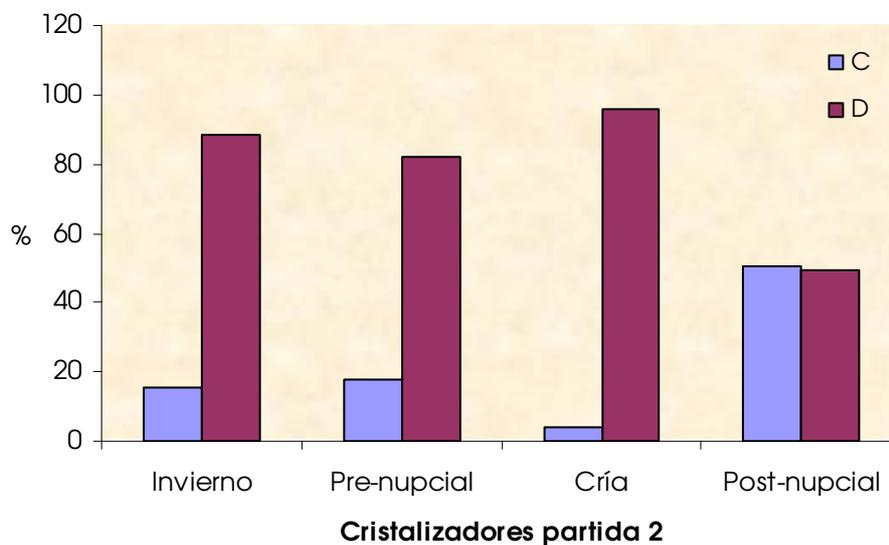
Gráfica 64: Porcentaje total de aves que utilizaron para comer y descansar el estero de la salina La Covacha

Aunque los cristalizadores de la partida 1 fueron una de las subzonas menos usada por las aves, en la gráfica 65 vemos que al igual que ocurría con el estero, las aves usaron primordialmente esta zona para alimentarse. Únicamente fue usada como zona de descanso exclusivamente en la cría, suponemos que por los mismos motivos comentados anteriormente.



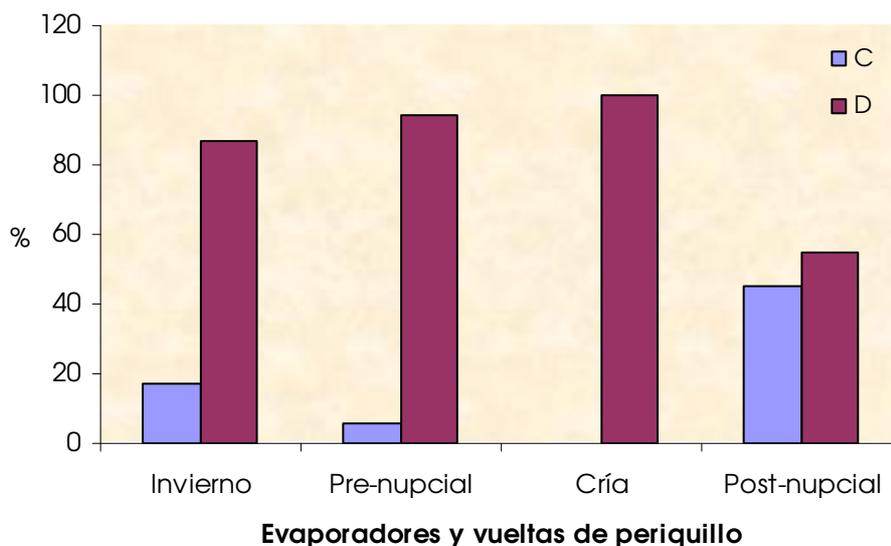
Gráfica 65: Porcentaje total de aves que utilizaron para comer y descansar los cristalizadores de la partida 1 de la salina La Covacha

El uso diferencial de la subzona de los cristalizadores de la partida dos frente a las otras subzonas posiblemente se deba a que esta zona parece la más somera de la salina (graf. 66). De esta forma las presas fueron más accesibles para todas las especies de aves limícolas, incluidas las de pequeño tamaño. Por otro lado, la partida dos es el área que presenta una menor densidad de vegetación, con lo que las aves tienen un mayor campo visual para evitar posibles depredadores.



Gráfica 66: Porcentaje total de aves que utilizaron para comer y descansar los cristalizadores de la partida 2 de la salina La Covacha

Por el contrario, las zonas más profundas, como parece ser el área de los evaporadores y vueltas de periquillo solo fueron utilizadas por algunas especies de limícolas de tamaño mediano, como son la Aguja Colinegra y el Archibebe Común en la invernada y migración pre-nupcial, aunque en el paso post-nupcial también utilizaron esta zona los limícolas de tamaño menor pero exclusivamente para alimentarse aquellos días en los que la salina estaba con el nivel del agua bajo en su zona supramareal (graf. 67). Desde un punto de vista general y fijándonos en la gráfica, se observa que esta subzona a diferencia de las anteriores fue utilizada básicamente como zona de descanso.



Gráfica 67: Porcentaje total de aves que utilizaron para comer y descansar los evaporadores y vueltas de periquillo de la salina La Covacha

Discusión de los datos y comparación con otros estudios

Podemos concluir que hay tres especies que han obtenido parte de sus recursos tróficos principalmente en la salina de La Covacha, el Correlimos Común, el Chorlitejo Grande y el Archibebe Común, que hay especies que han utilizado durante la migración pre-nupcial principalmente: el Chorlitejo Grande y el Chorlito Gris, una especie que principalmente la ha utilizado durante el invierno: la Aguja Colinegra y 3 especies que no han utilizado prácticamente las zonas supramareales de la zona de estudio para la alimentación: Chorlitejo Patinegro, Aguja Colipinta y Zarapito Real .

En cuanto a la salina de El Consulado, salvo el Archibebe Común que si se ha alimentado en la zona de los cristalizadores, y el Corregimos Común, que aunque se ha alimentado ha sido en un bajo número, el resto de las especies prácticamente no ha utilizado dicha zona supramareal durante la mayoría de los periodos estudiados. Cabe señalar que esta salina fue especialmente utilizada en el paso post-nupcial como área de descanso.

Sin embargo, en otras zonas del Parque Natural, estas especies han utilizado en gran medida las zonas supramareales normalmente como zonas de alimentación suplementaria (Masero 2003, GCHC 2004), exceptuando a la Aguja Colipinta y al Zarapito Real, que por su alimentación más especializada en invertebrados asociados a fangos intermareales, las utilizan exclusivamente como zonas de descanso.

Esto quiere decir, que si existieran zonas apropiadas para alimentarse en las salinas consideradas, estas especies utilizarían la zona, como ha ocurrido en zonas recientemente restauradas, como es la Salina de Tres Amigos en la localidad de San Fernando. En dicha salina, tras la restauración del régimen hídrico tanto el uso, como los porcentajes de actividad que se encontraron fueron similares a los encontrados en una salina activa (ver informe del proyecto: "Plan Experimental de Recuperación, Manejo y Usos Sostenibles de Humedales Costeros Marismeños en el Parque Natural Bahía de Cádiz, GCHC 2004a).

En el caso del Chorlitejo Patinegro y la Aguja Colinegra, que son las dos especies clave para el seguimiento de la futura adecuación, se encontró que ambas especies utilizaron la zona supramareal restaurada en la salina de Tres Amigos, tanto como zona de alimentación como de descanso y en número elevado, ya que la zona alberga en la actualidad más del 15% de la población invernante de ambas especies en el P.N. Bahía de Cádiz. A la vista de estos datos, existen claros indicios para creer que, sobre todo en la salina de El Consulado que presenta más potencialidad para crear parches de alimentación por su mayor extensión y fisonomía, el Chorlitejo Patinegro y la Aguja Colinegra utilizarán esta zona para complementar la obtención de recursos tróficos. Esta recuperación podría mejorar la condición de la población y por lo tanto podría mejorar la supervivencia de los mismos, teniendo un efecto no sólo local sino nacional e internacional, ya que son especies cuyos efectivos están decreciendo a nivel internacional (WSG Conference 2003).

Queremos destacar la inexistencia en estas salinas, sobre todo en la de El Consulado de zonas adecuadas para el descanso de las aves, hecho que queda patente en que sólo la utilizan con coeficientes extremadamente elevados, cuando no existe otra opción. Por ello, una de las conclusiones de este apartado es que en el futuro diseño de la zona a recuperar es primordial el incluir adecuadas zonas para el descanso de estas aves.

La Espátula (*Platalea leucorodia*)

Resaltar esta ave de forma especial en el proyecto que nos ocupa parece necesario si tenemos en cuenta que la única colonia de esta especie en el P.N Bahía de Cádiz se encuentra localizada en la salina La Covacha. Aunque existen datos e información sobre la colonia reproductora en la Bahía de Cádiz, número de parejas y evolución en el tiempo (ver Informes del Plan Regional de Conservación de la Espátula *Platalea leucorodia* en Andalucía, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía), existe un gran vacío sobre el uso que estas aves realizan de la zona objeto de estudio y de gran parte del Parque Natural fuera del periodo reproductor, e incluso en dicho periodo. Por otro lado, hasta la fecha, no existe información sobre la ecología de la alimentación de esta especie en el P.N Bahía de Cádiz, o más concretamente, sobre cuales son sus presas potenciales y que uso hacen del hábitat (Plan Regional de la Espátula en Andalucía, Avance III). Este conocimiento ayudará a manejar y gestionar eficientemente las zonas de las que dependa dicha especie.

Uso de las zonas intermareales y supramareales de la Espátula en la Bahía de Cádiz

Como se ha comentado a lo largo de este apartado, conocer el uso que las aves hacen del medio es de suma importancia para evaluar que papel juegan los diferentes habitats a lo largo del ciclo de vida de las aves. El efecto que la calidad de un hábitat tiene sobre un organismo es evidente, ya que puede marcar la diferencia entre la supervivencia o no de un individuo y/o de una población. Por ello, en el caso de la Espátula en el P.N Bahía de Cádiz, que cría en la salina de La Covacha, creemos que es interesante conocer no sólo el uso que hace esta especie en las salinas objeto de estudio sino también en todo el Parque Natural, por las posibles implicaciones que esto pudiera tener en la reproducción.

Para evaluar este uso se realizaron censos mensuales diurnos de dichas zonas, tanto en marea baja como en marea alta, indicando que tipo de

actividad (comiendo o descansando) desarrollaba cada individuo del grupo censado.

Las Espátulas son aves que presentan una técnica de alimentación táctil, aunque también pueden utilizar técnicas visuales para aumentar la probabilidad de éxito en la captura de las presas (Matheu y del Hoyo 1992). A su vez, estas aves no son tan dependientes del ciclo de mareas como lo son las especies de limícolas y por tanto son capaces de alimentarse en marea alta. Por ello, las espátulas podrían alimentarse si fuera necesario a lo largo de las 24 horas de día (Yu y Swennen 2004). Sin embargo, las Espátulas comunes suelen presentar un patrón de alimentación parcialmente nocturno y por ello no es extraño encontrarlas descansando durante gran parte de las horas de luz (Matheu y del Hoyo 1992).

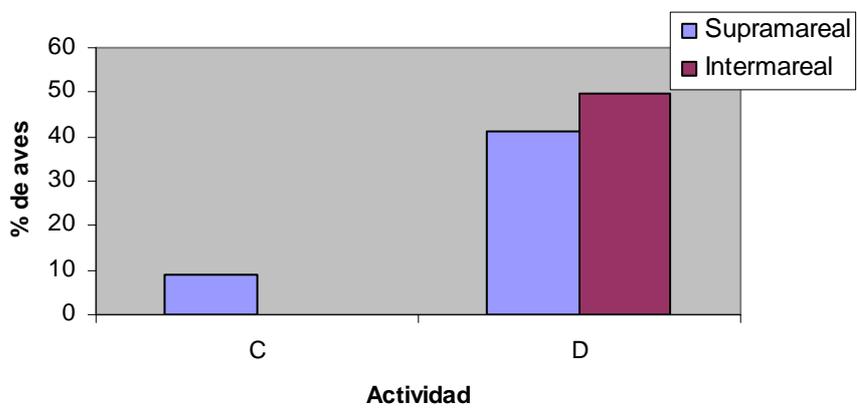
No obstante, un estudio llevado a cabo en el suroeste español detectó a las Espátulas alimentándose tanto de noche como durante el día (Aguilera 1990).

La dieta está compuesta principalmente de pescado siendo la presa principal *Fundulus sp* (Aguilera et al. 1996). Sin embargo, al menos en nuestro conocimiento, no existe ningún estudio que describa el uso que las Espátulas hacen de las zonas supramareales e intermareales cuando los dos hábitats se encuentran próximos y accesibles, como es el caso de la Bahía de Cádiz.

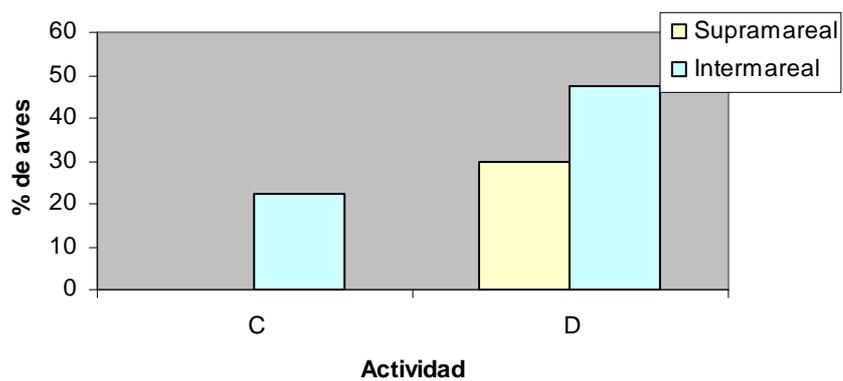
Los datos presentados en este informe se centran principalmente en el periodo de invernada, que incluyó los meses de diciembre y enero para esta especie. Cabe destacar que si bien para estas aves se suele incluir el mes de enero en la época de cría, el retraso observado en el presente año en el inicio de la cría hace que el mes de enero se considere parte de la invernada. También se hace un seguimiento de la distribución y actividad de la Espátula en el periodo de cría y durante el paso post-nupcial.

En el invierno, el patrón general observado durante el día en las Espátulas censadas (graf. 68 y 69) destaca que tanto en marea alta como en

marea baja la mayoría de las Espátulas censadas se encontraron descansando (91% y 77% respectivamente). Sin embargo, siempre existió un porcentaje de ellas alimentándose durante el día tanto en marea alta como en marea baja en las zonas supramareales (8%) e intermareales (22%) respectivamente. En total, durante el día se alimentó el 30% de las Espátulas mientras que el 70% de ellas descansó.



Gráfica 68: Porcentaje de actividad en marea alta en invierno



Gráfica 69: Porcentaje de actividad en marea baja en invierno

Haciendo un análisis más exhaustivo del periodo de la invernada, como se observa en las figuras 57, 58, 59 y 60, los números medios y máximos de espátulas confirmaron una diferencia evidente en la distribución y uso de las diferentes zonas por parte de dichas aves. Las espátulas fueron observadas alimentándose en las zonas intermareales en las horas de marea baja (ver figuras 57 y 58 y gráfica 71).

La zona donde un mayor número de Espátulas fueron observadas alimentándose en el invierno fue siempre el saco interno, siendo destacable por su número la zona del arco de Puerto Real (fig. 57 y 58), que incluye las zonas intermareales aledañas a las salinas Belén de Levante y Balbanera (graf. 71). Sin embargo, cabe resaltar que en algún periodo de marea alta se observaron grupos de ellas (ver figuras 59 y 60 y la gráfica 70) alimentándose en zonas supramareales como son las salinas de St^a. María y en el grupo de las salinas que engloba la Borriquera y St^a. Catalina.

Posiblemente esta especie utilice estas zonas supramareales de igual modo que algunas especies de limícolas, como zonas de alimentación complementarias (Masero et al. 2000, Masero 2003). Es decir, la mayor parte de la energía es obtenida en las zonas intermareales, pero existe un porcentaje de Espátulas que complementan dicha obtención en las zonas supramareales, salinas e instalaciones acuícolas (ver apartado de la dieta).

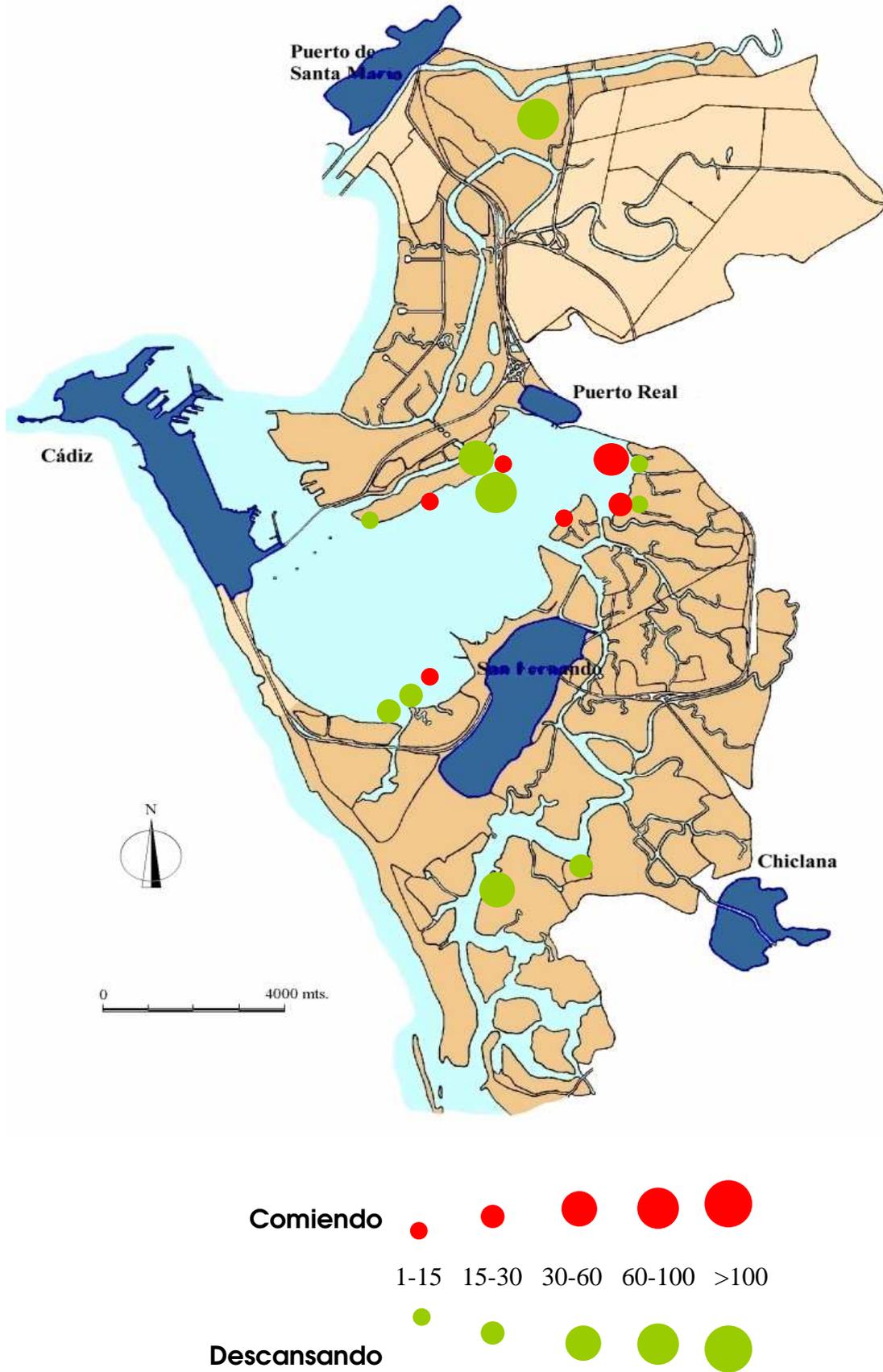


Figura 57: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en invierno. Números máximos.

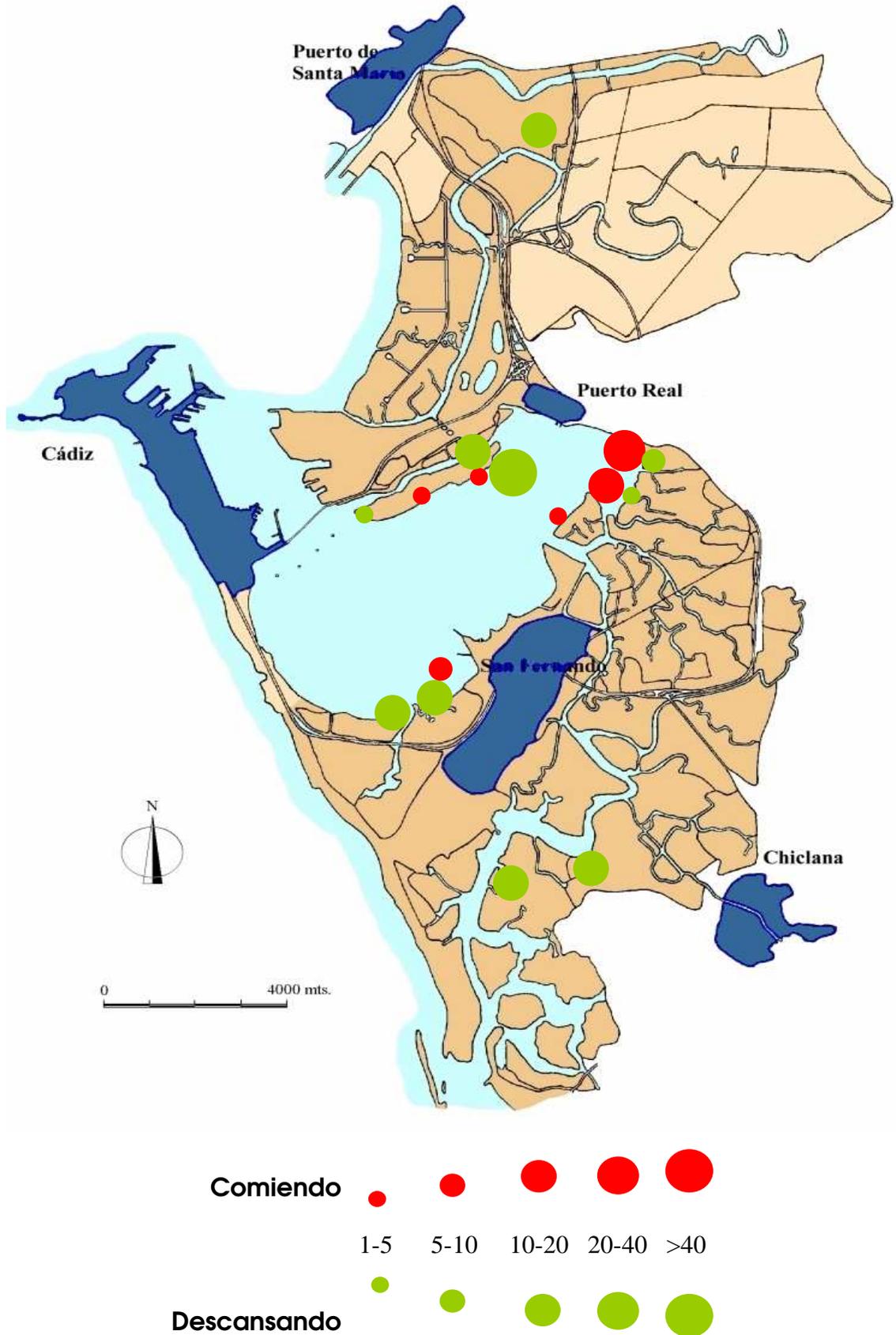


Figura 58: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en invierno. Números medios.

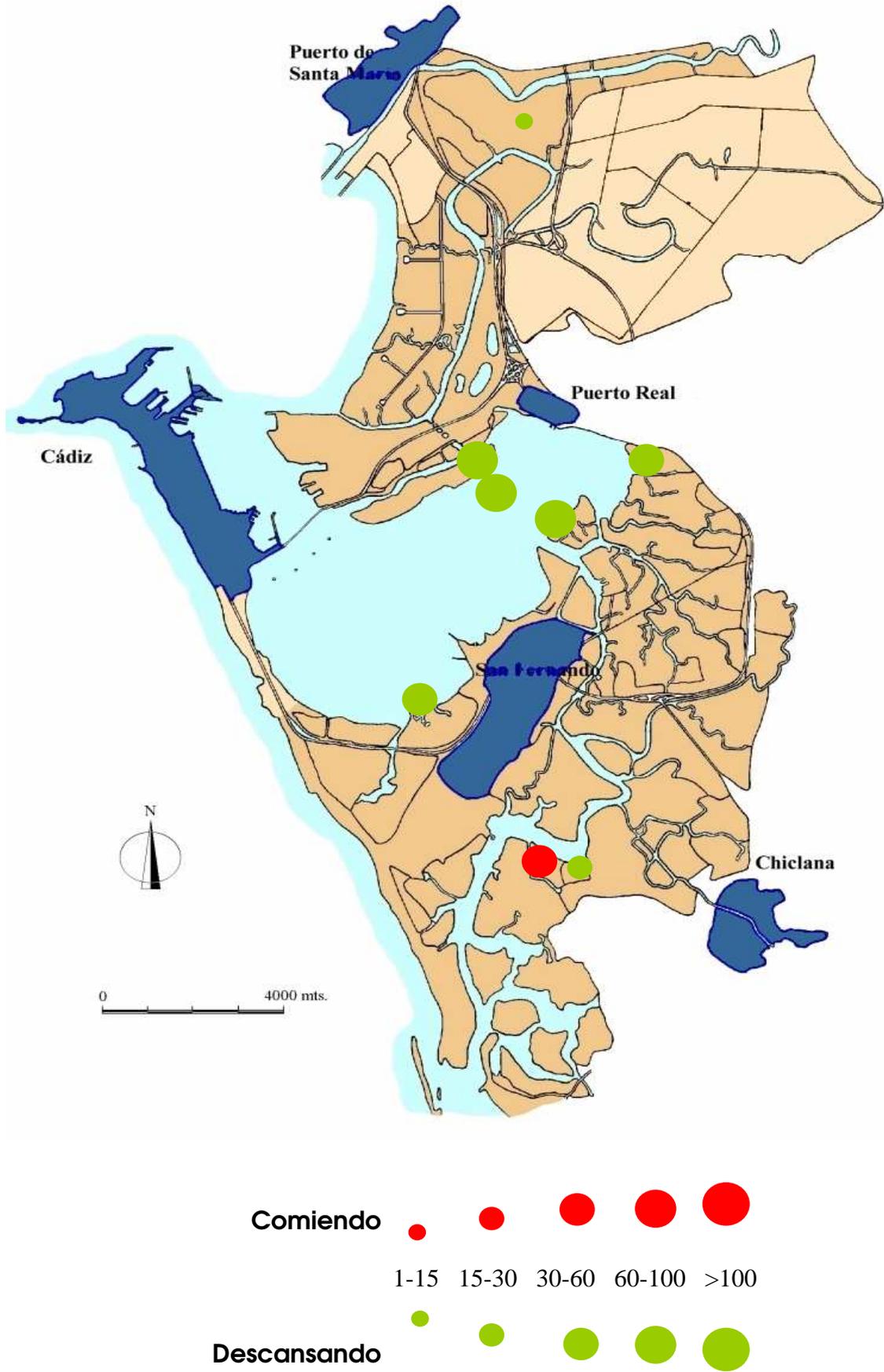


Figura 59: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en invierno. Números máximos.

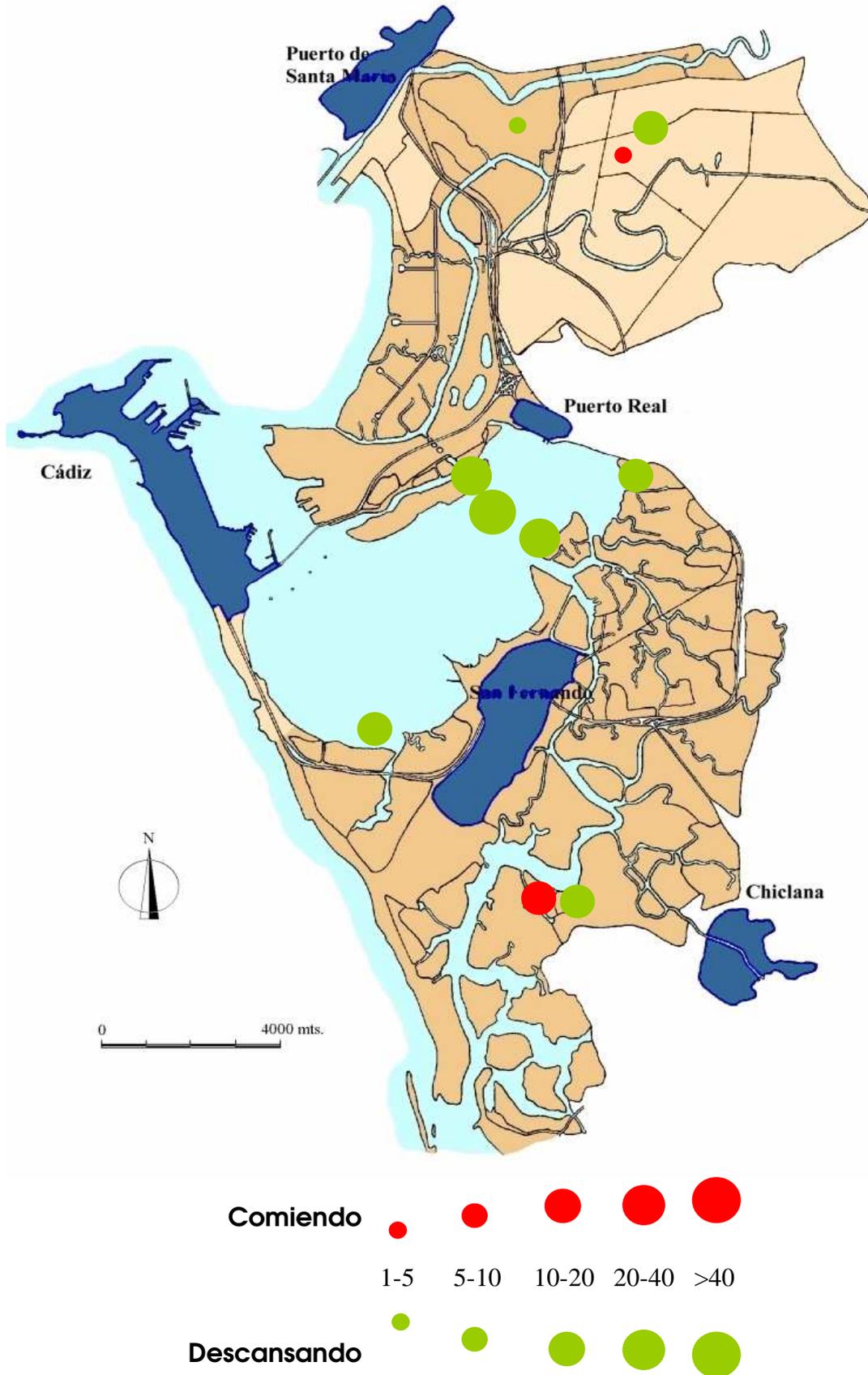
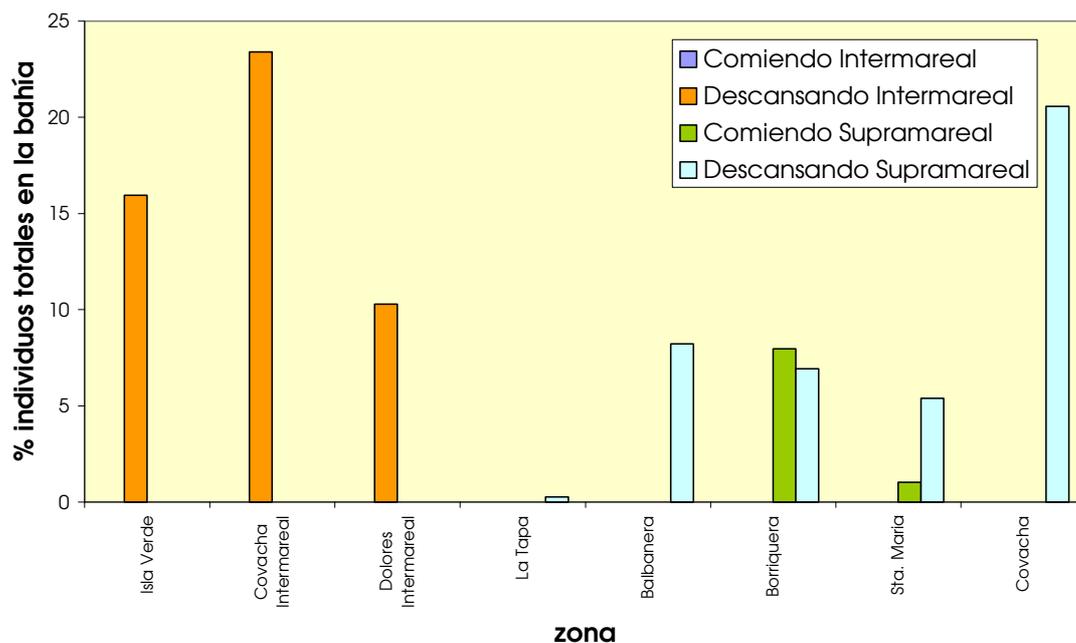
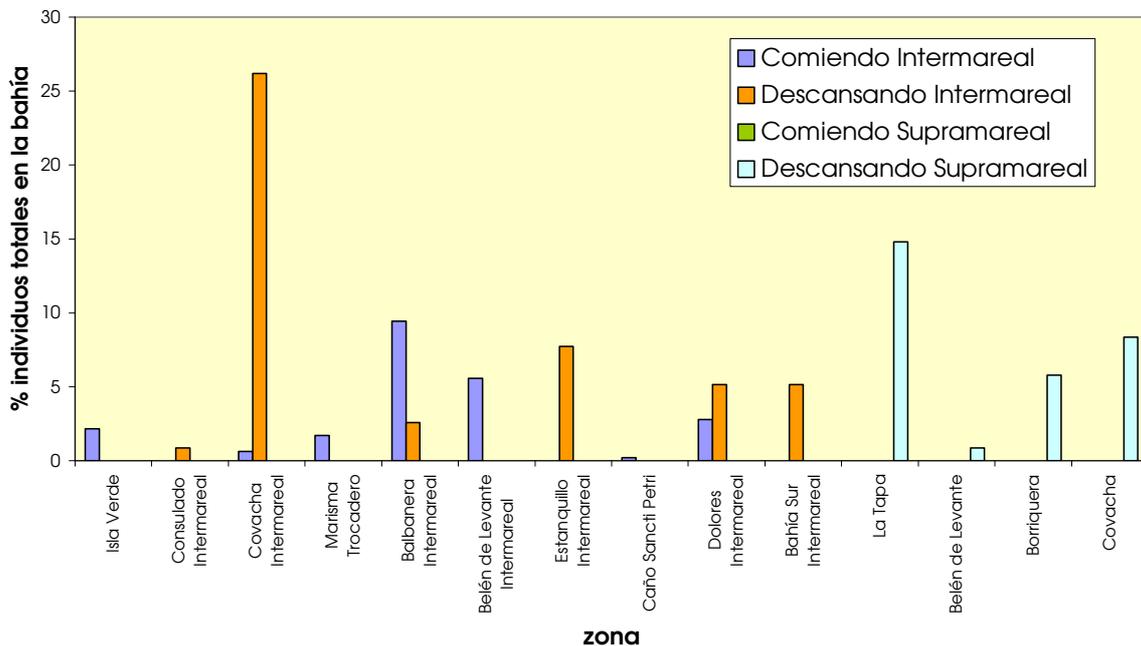


Figura 60: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en invierno. Números medios.

Respecto a las zonas de descanso, debemos señalar que durante la invernada las aves se encontraron en mayor número cerca del saco interno y más concretamente, las zonas de descanso se localizaron próximas a las áreas de alimentación (ver figuras 57, 58, 59 y 60). Algunas zonas de descanso localizadas en el intermareal fueron utilizadas como tales tanto en marea alta como en marea baja (graf. 70 y 71). En general las zonas intermareales fueron utilizadas por un mayor porcentaje de aves para descansar en comparación con las zonas supramareales, tanto en marea alta como baja (graf. 58 y 59). Respecto a las zonas supramareales, aquellas donde se encontró esta especie descansando fueron salinas muy concretas del Parque Natural, que fueron elegidas repetidamente por la especie a lo largo de todo el invierno (graf. 70 y 71). Siendo esta especie muy susceptible a la perturbación, creemos que es éste el factor determinante de selección de una salina como zona de descanso para la Espátula en el Parque Natural, aunque también requiere de muros o estructuras internas en ella que estén aisladas por agua y por lo tanto poco accesibles a depredadores.



Gráfica 70: Porcentaje de individuos totales comiendo y descansando en toda la Bahía en marea alta en invierno.



Gráfica 71: Porcentaje de individuos totales comiendo y descansando en toda la Bahía en marea baja en invierno.

Durante la temporada de cría se avistaron los grupos de Espátula en zonas más específicas, es decir, no tuvieron una distribución espaciosa en la Bahía de Cádiz, y siempre se encontraron descansando tanto en marea baja como en marea alta (ver figuras 61 a 64). Creemos que no invierten tiempo durante el día para alimentarse porque lo maximizan en la cría, dedicándose a la construcción de los nidos, incubación de los huevos y posteriormente al cuidado de los pollos. Por tanto, pensamos que emplean principalmente las horas nocturnas para alimentarse puesto que durante la noche existe un menor riesgo de depredación para los huevos y pollos.

En las figuras 65-68, que muestran la distribución y actividad de la Espátula durante el paso migratorio post-nupcial, se puede observar que en este periodo sí existe una actividad alimentaria durante el día tanto en marea baja como en marea alta, cosa que también ocurría en los meses de invierno. En las figuras podemos comprobar que en este periodo las Espátulas utilizaron las zonas supramareales habitualmente para alimentarse y no sólo como zona

de descanso, fueron avistadas en la salina de La Tapa en marea baja (ver figura 65 y 66) y en Victoria del Trocadero en marea alta (ver figura 67 y 68).

En resumen, las Espátulas utilizaron las mismas zonas para alimentarse y descansar a lo largo de todo el invierno. Además existió un uso diferencial de las diferentes zonas en invierno, utilizando en mayor medida las zonas intermareales, tanto para alimentarse como para descansar frente a las supramareales. Las zonas de descanso se localizaron en áreas con una baja perturbación y rodeadas, al menos en parte, de agua. Aunque la principal actividad diurna de la Espátula en la Bahía de Cádiz fue descansar, si existió un porcentaje aproximado del 30% de espátulas que se alimentaron durante el día. Sin embargo, resaltar que en época de cría como se mencionó anteriormente, no existió un comportamiento alimenticio durante las horas diurnas. Concluir que en el paso migratorio post-nupcial, las Espátulas sí utilizaron las zonas supramareales como zonas de alimentación frecuentemente.

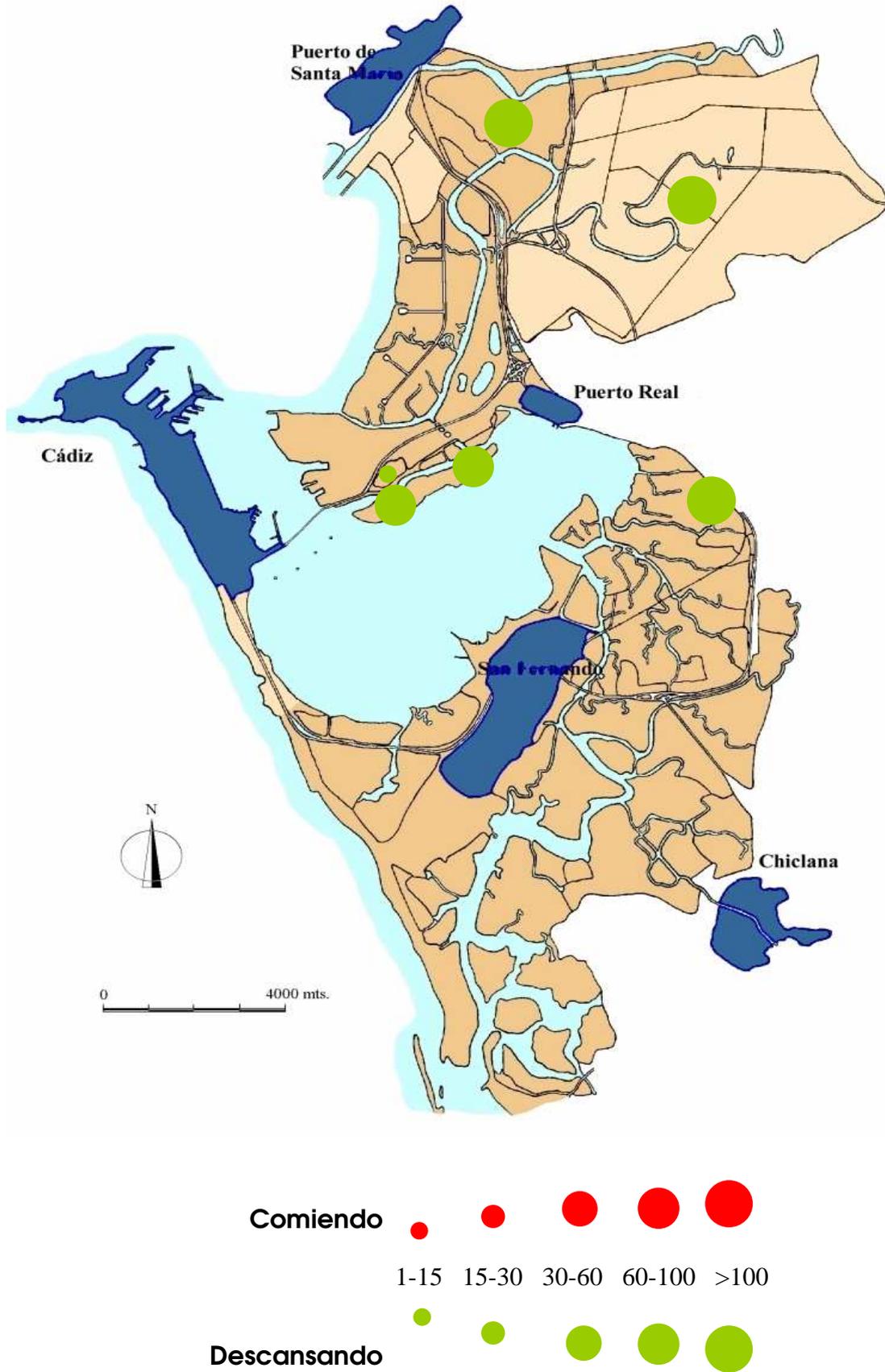


Figura 61: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en la cría. Números máximos.

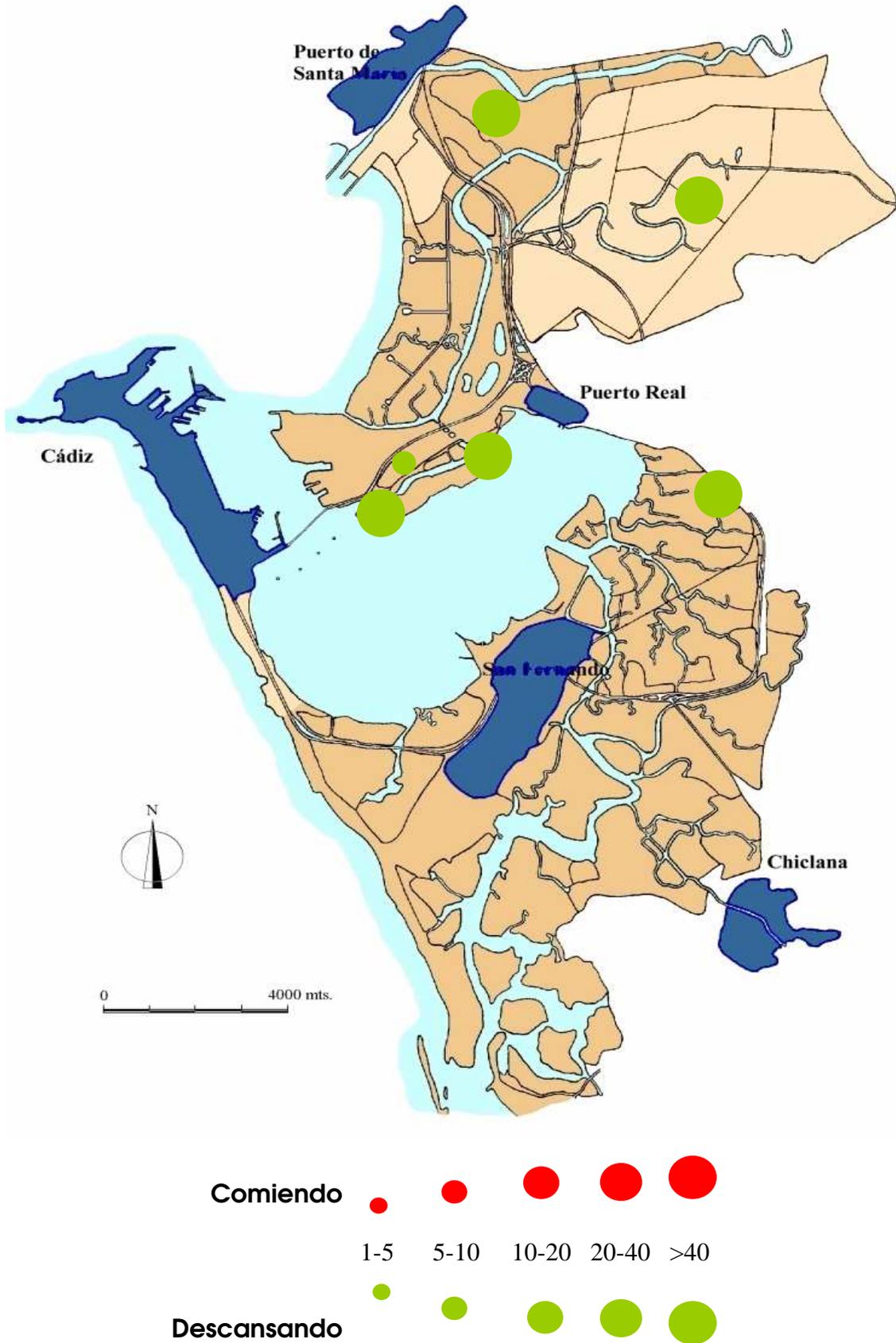


Figura 62: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en la cría. Números medios.

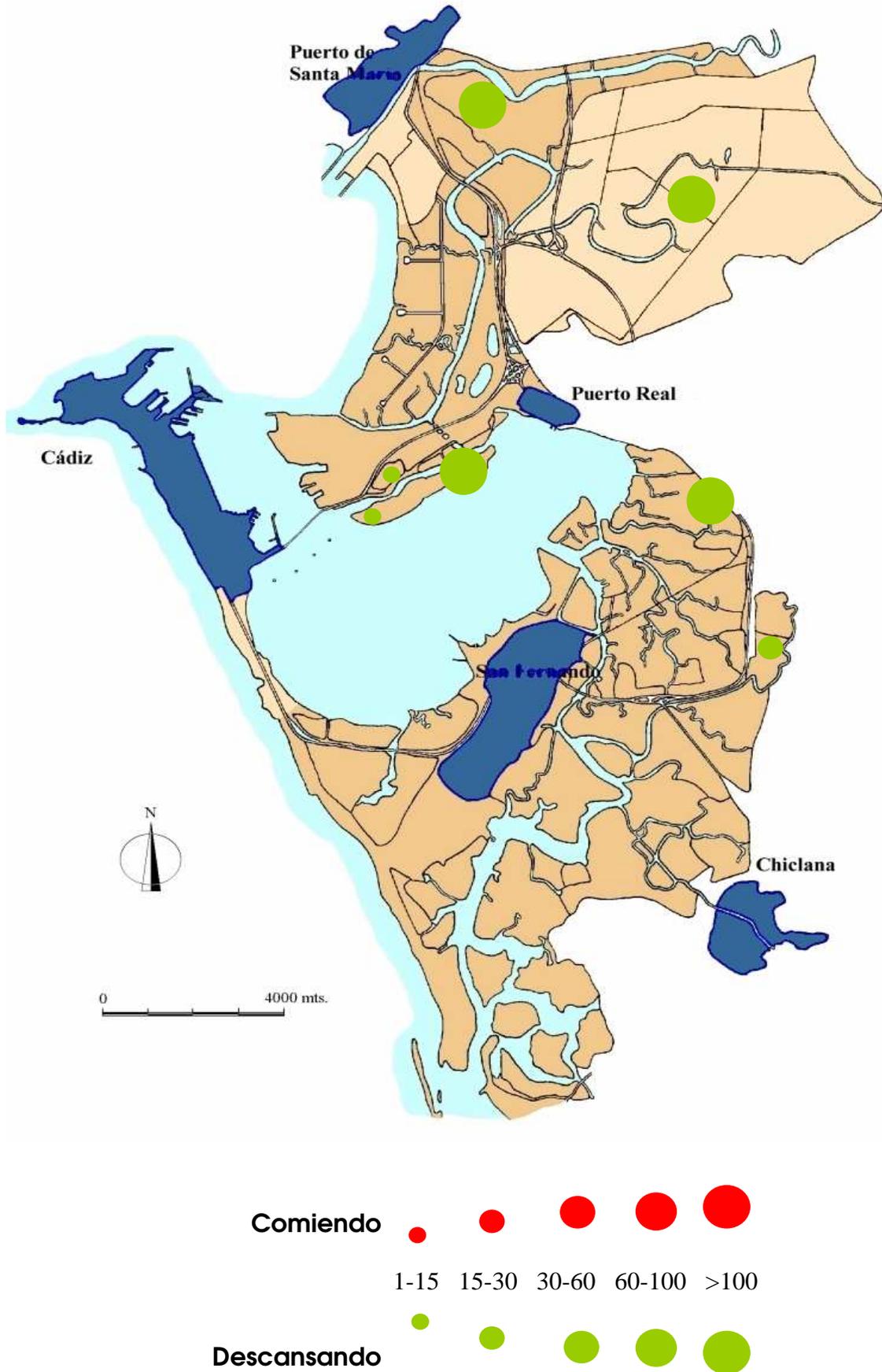


Figura 63: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en la cría. Números máximos.

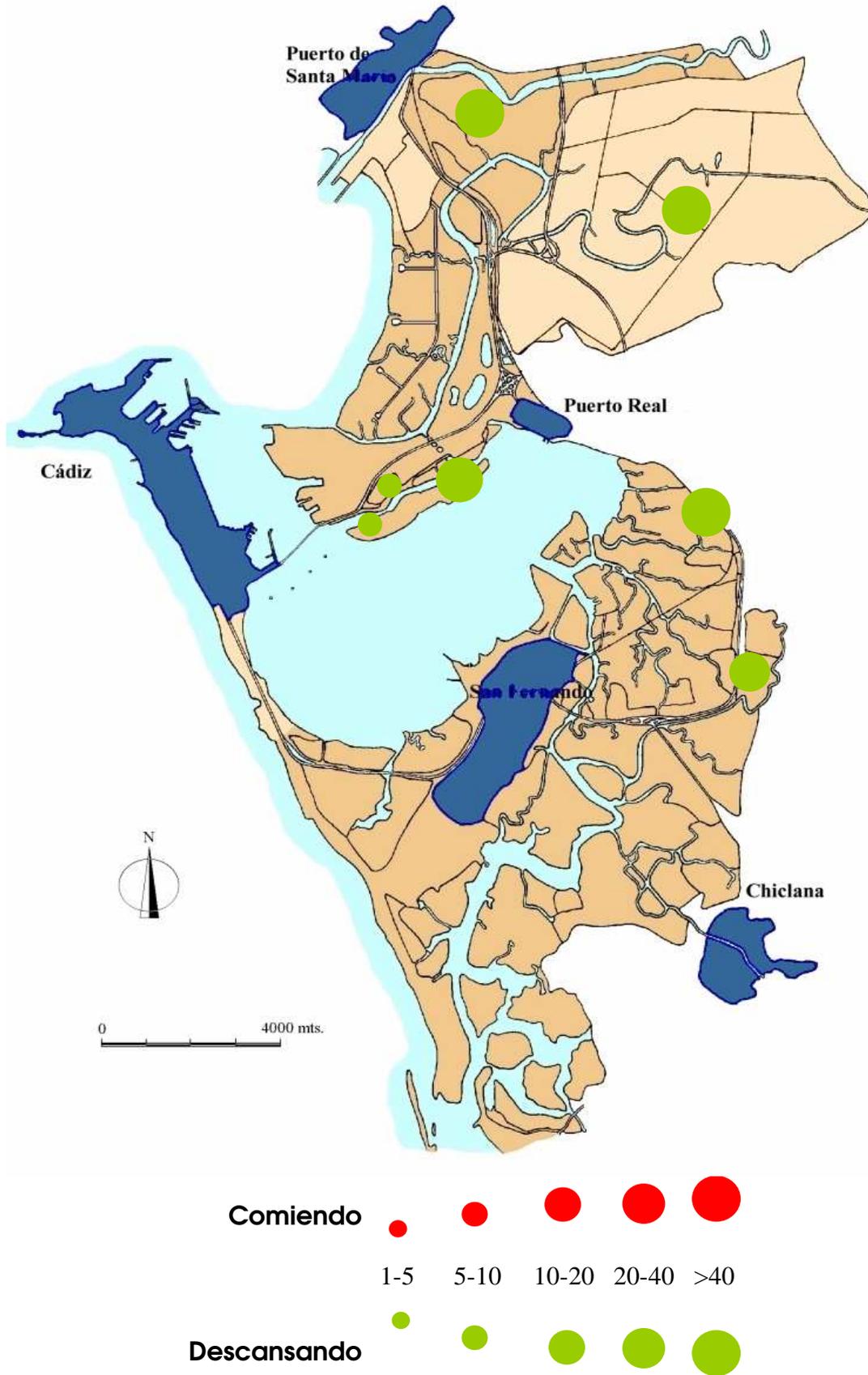


Figura 64: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en la cría. Números medios.

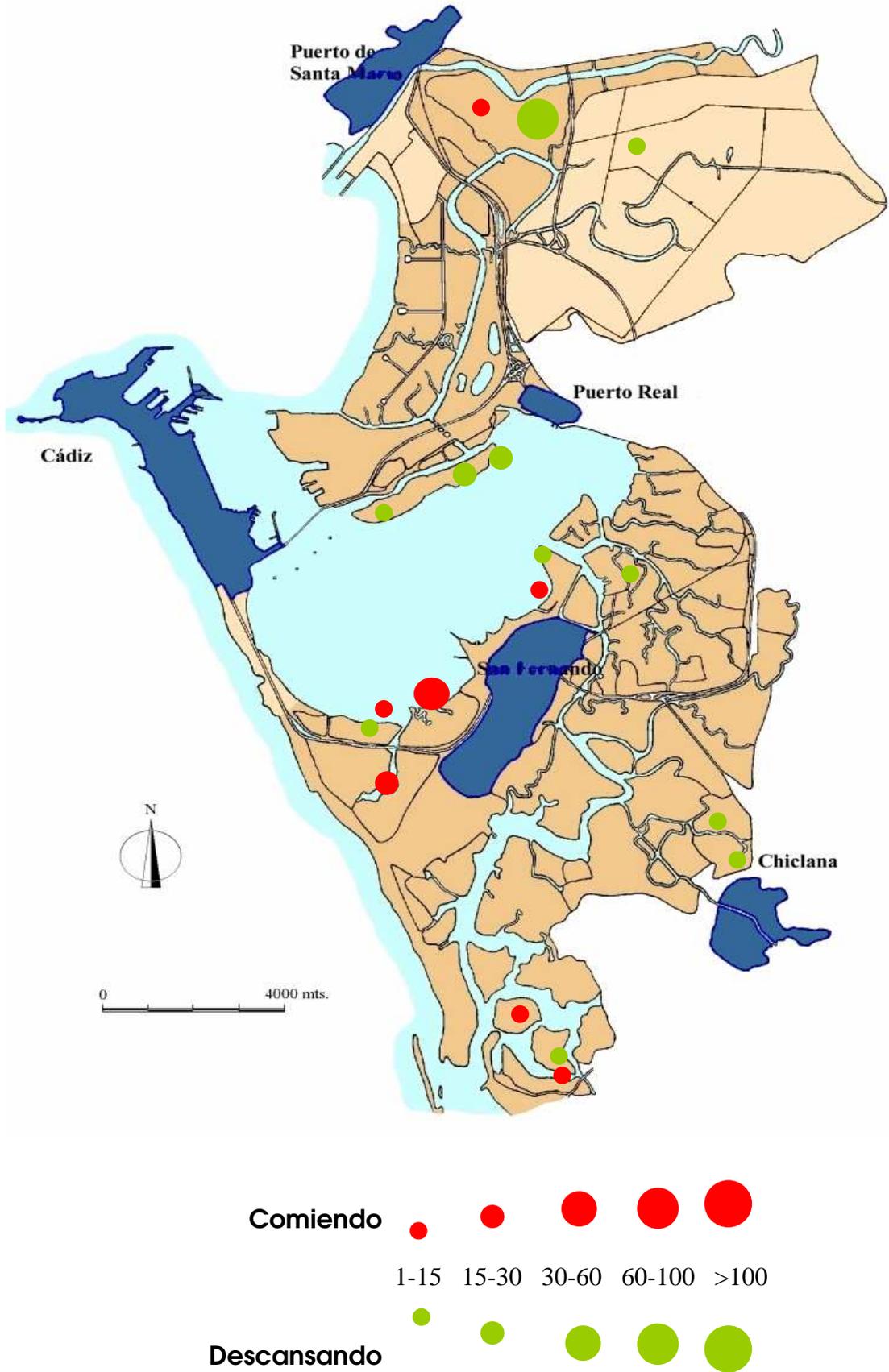


Figura 65: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en el paso post-nupcial. Números máximos.

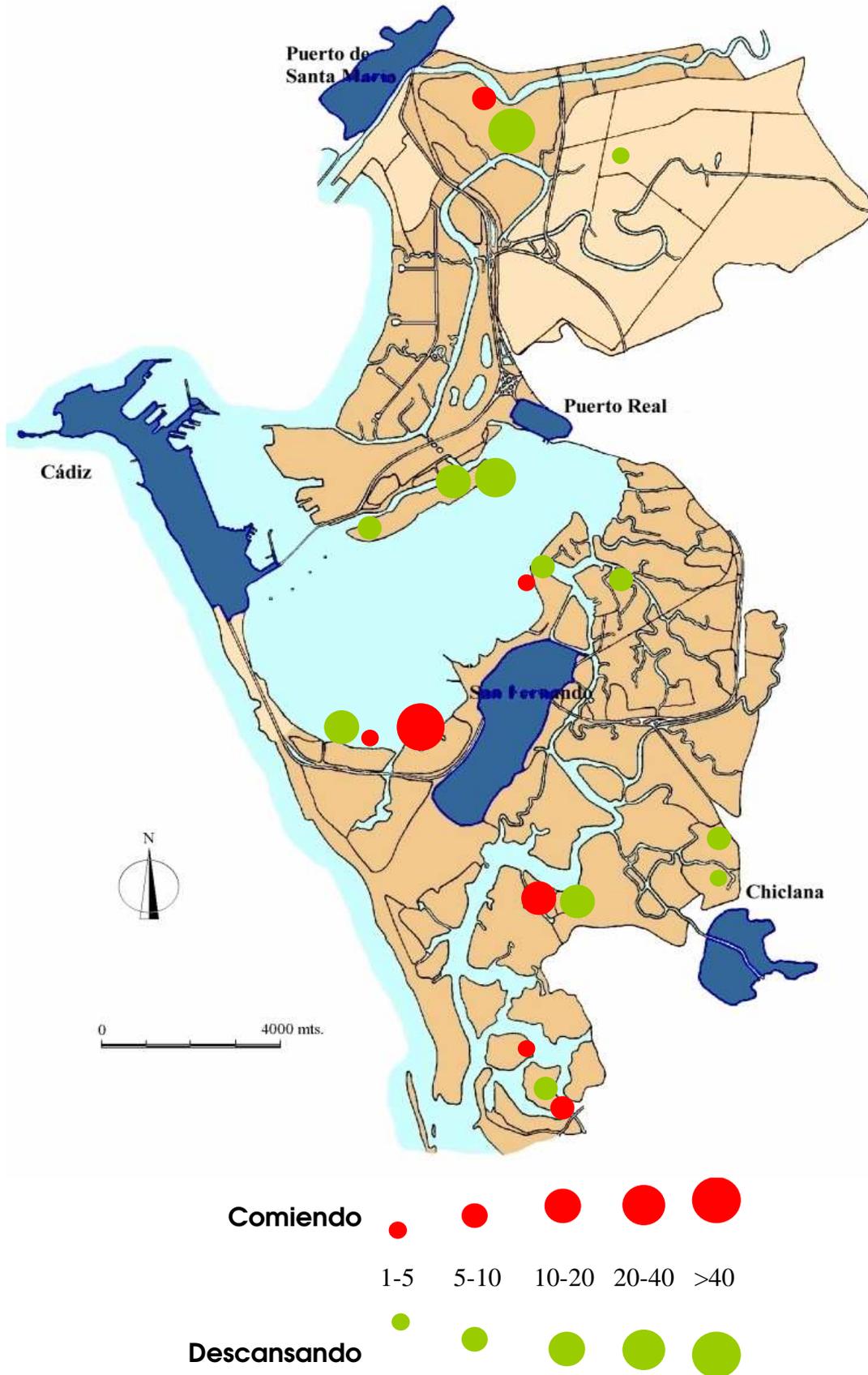


Figura 66: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea baja en el paso post-nupcial. Números medios.

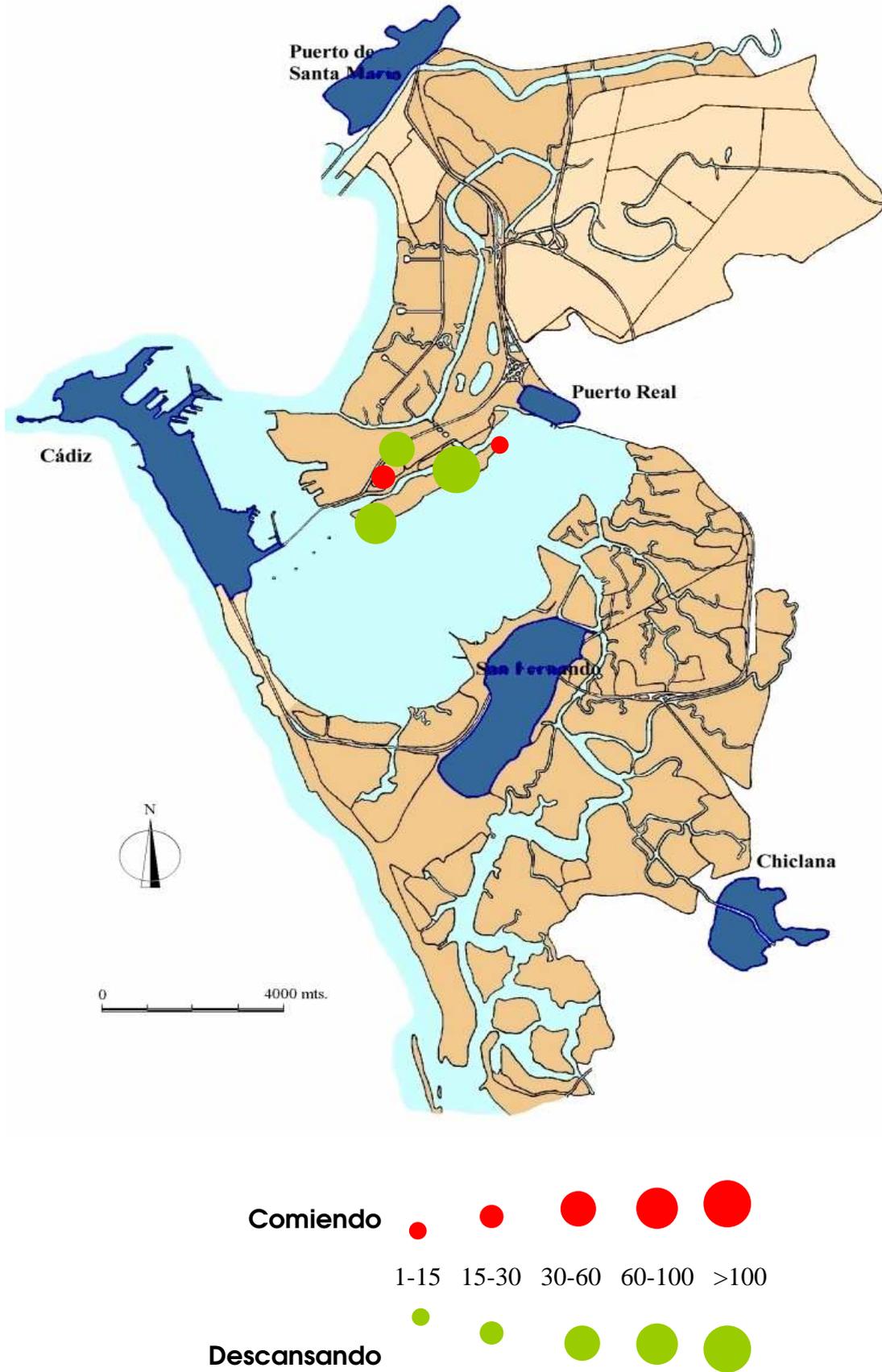


Figura 67: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en el paso post-nupcial. Números máximos.

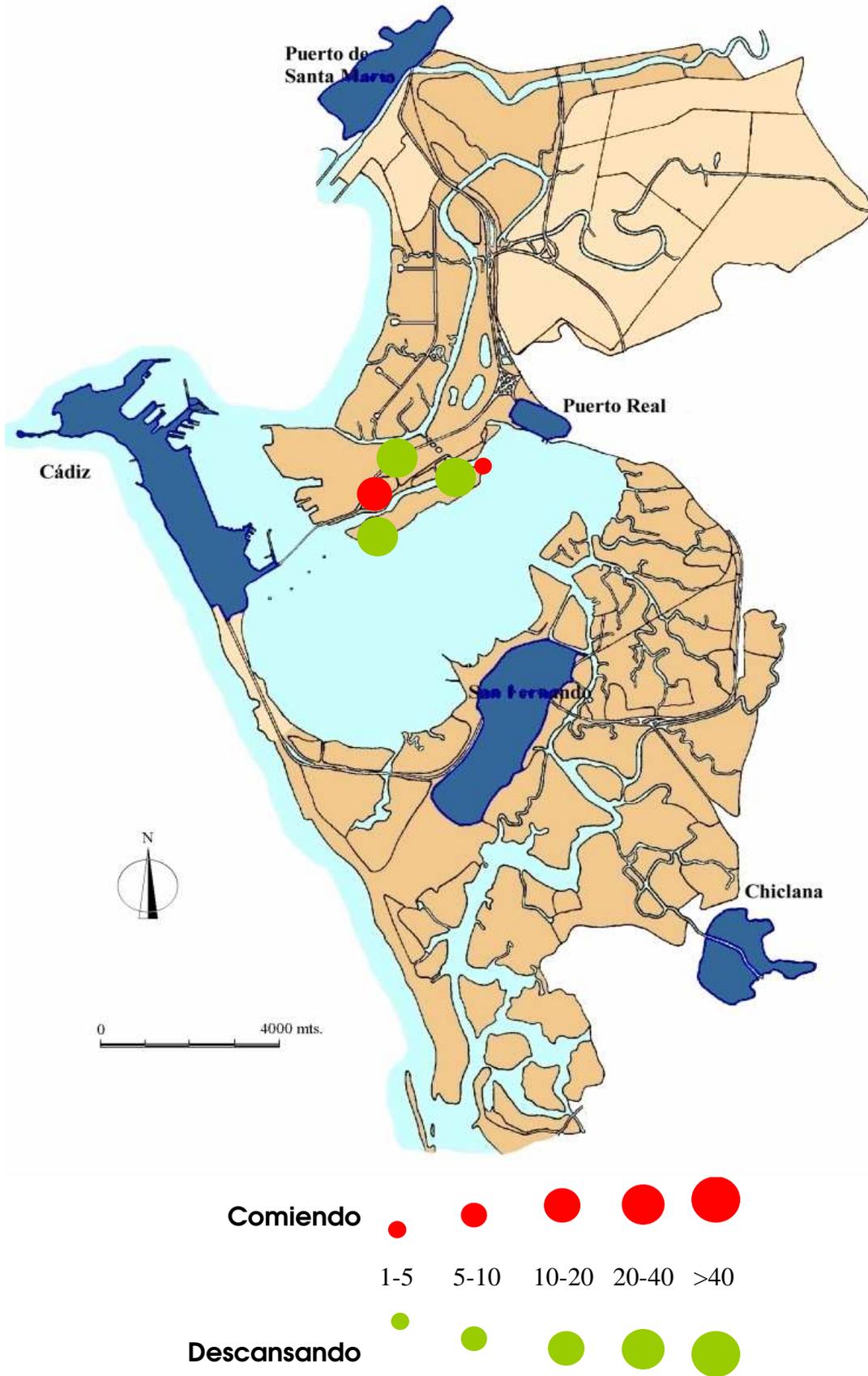


Figura 68: Distribución y uso de la Espátula en el P.N. Bahía de Cádiz en marea alta en el paso post-nupcial. Números medios.

uso de la Isla del Trocadero

En la isla del Trocadero el mayor número de Espátulas censadas siempre estuvo descansando tanto en la salina La Covacha como en la zona intermareal adyacente a ésta en invierno, y tanto en marea alta como en marea baja, destacando que en marea baja el mayor número medio de aves se encontró descansando en la zona intermareal. Sin embargo para alimentarse las espátulas no se concentraron tanto en la zona próxima a la salina La Covacha sino que se distribuyeron homogéneamente por la zona intermareal más próxima al saco interno.

Durante la época de cría se localizaron dos puntos donde se concentraron las Espátulas, uno fue la colonia y otro se encontró en la salina el Consulado, exactamente en la zona del antiguo estero.

En la época postnupcial sin embargo, la mayoría de las Espátulas censadas se encontraron descansando en la colonia y en los fangos intermareales adyacentes a las dos salinas objeto de estudio. La única área de alimentación observada en esta época se localizo en los fangos adyacentes a La Covacha.

3.1.2. Cría

Espátula Común *Platalea leucorodia*

La colonia de Espátulas del Parque Natural Bahía de Cádiz que se halla en la salina La Covacha, se sitúa en un grupo de muros localizados en la zona de evaporadores y vueltas de periquillo (Va4). La colonia se encuentra rodeada a su vez por una colonia de Gaviotas Patiamarilla (ver figura 74).

En líneas generales presenta una tendencia ascendente tanto en el número de parejas reproductoras como en el número de pollos nacidos, llegando en el año 2004 a contabilizarse 71 nidos activos (Plan Regional de Conservación de la Espátula *Platalea leucorodia* en Andalucía).

Sin embargo en el presente año se contabilizaron un total de 18 nidos activos, de los que nacieron 13 pollos. De estos pollos sólo sobrevivieron 4. Esto indica un descenso muy acusado en el número de parejas reproductoras así como en el éxito de la colonia en sí. Probablemente este descenso en el éxito de la colonia se deba a la falta de agua dulce que es un recurso necesario para el desarrollo de los pollos y a las bajas temperaturas alcanzadas durante el invierno, que a su vez pudieron producir una menor condición corporal de los adultos (de le Court comunicación personal).

Cabe destacar en este aparatado la alta mortalidad de adultos que se produjo durante la invernada y el periodo prenupcial. Es posible que, al igual que en la época de cría, esta mortalidad se produjera por las duras condiciones climatológicas (de le Court comunicación personal).

Para evaluar si estos resultados negativos de la invernada y de la reproducción son un hecho puntual o por el contrario presentan una mayor ocurrencia, se debe hacer un seguimiento más exhaustivo en los próximos años.

Dieta de la Espátula

La Espátula Común *Platalea leucorodia*, tal y como se ha comentado anteriormente, es una de las especies clave o “diana” a la hora de priorizar en el manejo y toma de decisiones ya que en la salina de La Covacha se encuentra una colonia bien asentada de 200 individuos.

El conocer los recursos que la especie necesita a lo largo del ciclo anual se hace imprescindible a la hora de plantear actuaciones de cara a su conservación. El conocimiento de la utilización de recursos tróficos por parte de esta especie no es demasiado extenso, ya que existen escasos estudios (Kemper 1995, Aguilera et al. 1996, Kopij 1997), siendo inexistente la información sobre la dieta en la Bahía de Cádiz.

En este estudio, además de conocer la dieta de esta especie, se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre individuos reproductores y no reproductores. Esto puede ayudar a determinar si los individuos reproductores que se encuentran limitados a la hora de conseguir alimento, por los requerimientos de tiempo que necesita la puesta e incubación de los nidos (Castro 2001), están obteniendo recursos tróficos similares a los no reproductores, o presentan alguna variación en la dieta, es decir, están limitados de alguna forma.

Metodología

Para conocer la dieta de la Espátula Común en la Bahía de Cádiz se utilizó el método indirecto de análisis de heces. Este método fue elegido porque determinar el tipo de presas y su tamaño a través de las observaciones directas es difícil debido al tipo de técnica de alimentación (criba) de esta especie.

Se han analizado 47 heces de Espátulas recogidas en 3 zonas representativas en el P.N. Bahía de Cádiz: 15 en la salina de La Covacha, de individuos reproductores, y 15 y 17 en las salinas de La Tapa y Sta. Bárbara respectivamente, de individuos no reproductores.

Se utilizaron tres métodos de análisis de heces para describir la dieta:

- Porcentaje de ocurrencia de una especie-presa: indica qué porcentaje de las heces totales contenían una presa determinada. Para determinar este porcentaje se utilizaron los restos duros no digeridos que aparecen en las heces. Sin embargo, esta aproximación a la dieta de las aves presenta algunas carencias, como el hecho que las presas que no dejan restos duros identificables no se incluyen en la dieta.

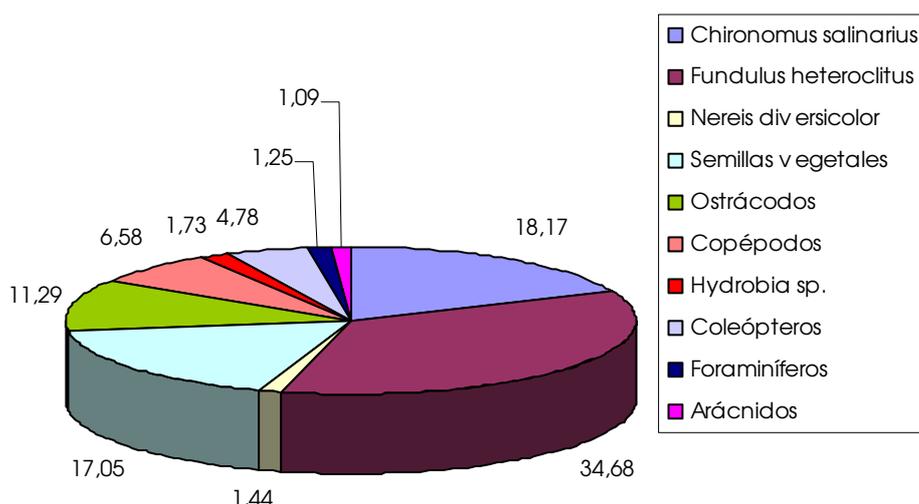
- Cuantificación del número de individuos de cada presa por hez: indica el porcentaje de la dieta representado por una determinada especie-presa. Como ejemplo, las mandíbulas del poliqueto *Nereis diversicolor* suelen quedar como restos duros en las heces. Su presencia señala que esa especie de poliqueto fue ingerida por el ave en cuestión. Además, como se sabe que un poliqueto de esta especie presenta dos mandíbulas, el número de mandíbulas total en las heces dividido entre dos nos indica el número de individuos de *Nereis diversicolor* ingeridos. Sin embargo, esta aproximación a la dieta de las aves presenta también algunas carencias, como el hecho de que las presas que no dejan restos duros identificables y cuantificables se infraestiman. En el presente informe cabe señalar que aunque fue posible determinar la presencia de camarones en la dieta de la Espátula, no se pudo conocer a qué especie pertenecían ni cuantificar el número de camarones aparecidos en cada hez.

- Rango de tamaños de presas: analiza la ocurrencia de los distintos rangos de tamaño de una especie-presa en las heces. Para conocer el tamaño de una presa que ha sido ingerida se infiere su tamaño de los restos duros no digeridos que quedan en las heces. Existen ecuaciones que

relacionan el tamaño de estos restos duros con el tamaño del organismo del que proviene. Así, para determinar el tamaño de los poliquetos de la especie *Nereis diversicolor* se utilizó la ecuación que relaciona la longitud de la mandíbula con la longitud del poliqueto (Masero et al. 1999). Para conocer la longitud de los *Fundulus heteroclitus* ingeridos se utilizó la ecuación que relaciona el radio de su otolito con la longitud del pez (Pérez-Hurtado et al. 1997). Por último, para conocer la longitud de los quironómidos ingeridos se utilizó la ecuación que relaciona el ancho máximo de la cabeza con la longitud de los quironómidos (Estrella 1997).

Resultados

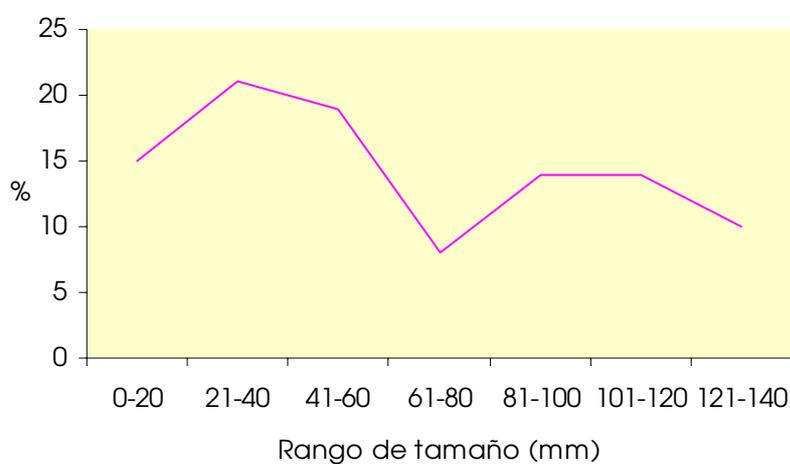
Las presas principales fueron peces, invertebrados y semillas vegetales. Teniendo en cuenta que no se pudo cuantificar la participación de los camarones en la dieta, y que su inclusión puede variar los porcentajes presentados, encontramos que el porcentaje mayor de presas en la dieta estuvo compuesto por las especies *Fundulus heteroclitus*, quironómidos (*Chironomus salinarius*) y semillas vegetales (ver gráf. 72).



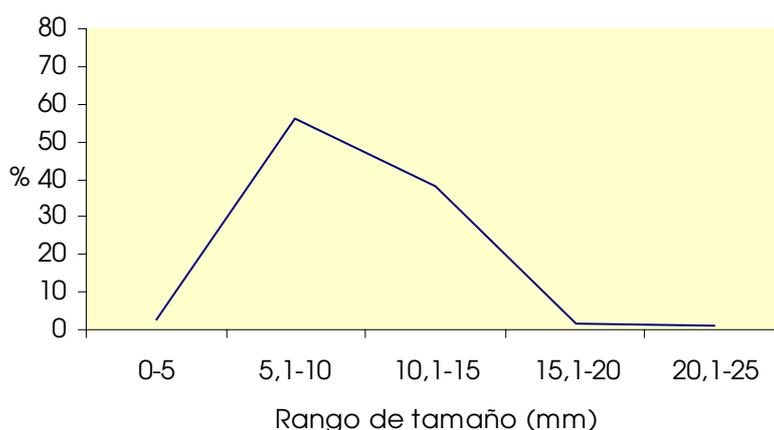
Gráfica 72: Porcentaje de presas que componen la dieta de la Espátula Común del Parque Natural Bahía de Cádiz. Los camarones están excluidos del análisis (ver metodología).

Sin embargo, a diferencia de este patrón general, el número de quironómidos contabilizados en las heces recolectadas en la colonia fue menor que los contabilizados en las otras dos localizaciones.

Fundulus heteroclitus representó el 34,68 de las presas totales. De ellos, el 50 % se encontraron en un rango de tamaño entre los 0 y 60 mm (ver gráfica 73). Los quironómidos representaron el 18,17 % de las presas totales y de ellos el 50% se encontró en el rango de tamaños situado entre los 5 y los 10 mm (ver gráfica 74). Finalmente las semillas vegetales, representaron el 17,05 de las presas totales.

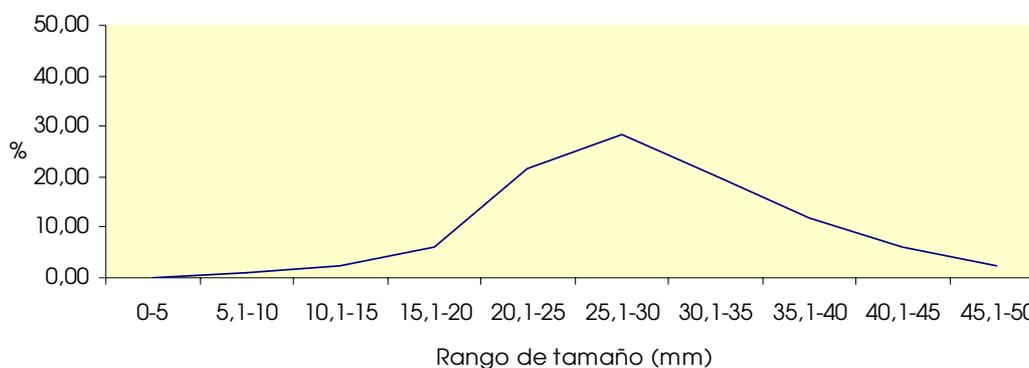


Gráfica 73: Porcentaje los rangos de tamaño del *Fundulus heteroclitus* ingeridos por la Espátula Común en el Parque Natural Bahía de Cádiz.



Gráfica 74: Porcentaje los rangos de tamaño de *Chironomus salinarius* ingeridos por la Espátula Común en el Parque Natural Bahía de Cádiz.

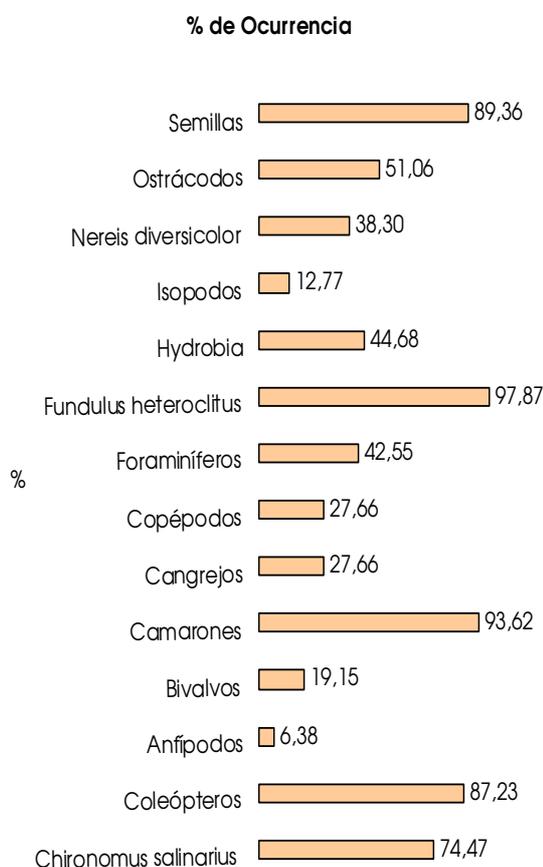
El poliqueto *Nereis diversicolor* solo representó el 1,44 % de las presas totales ingeridas y el 30% de ellos se situó en un rango de tamaño entre los 25 y 30 mm (ver gráfica 75).



Gráfica 75: Porcentaje los rangos de tamaño de *Nereis diversicolor* ingeridos por la Espátula Común en el Parque Natural Bahía de Cádiz.

Por otro lado, en las 47 heces recogidas, casi el 100 % de ellas presentaron restos de *Fundulus heteroclitus* y en más del 90% de las heces aparecieron restos de camarones. Más de un 80 % de las heces presentaron restos de semillas vegetales y coleópteros y un 74,47% de las heces presentaron restos de quironómidos (ver gráf. 76).

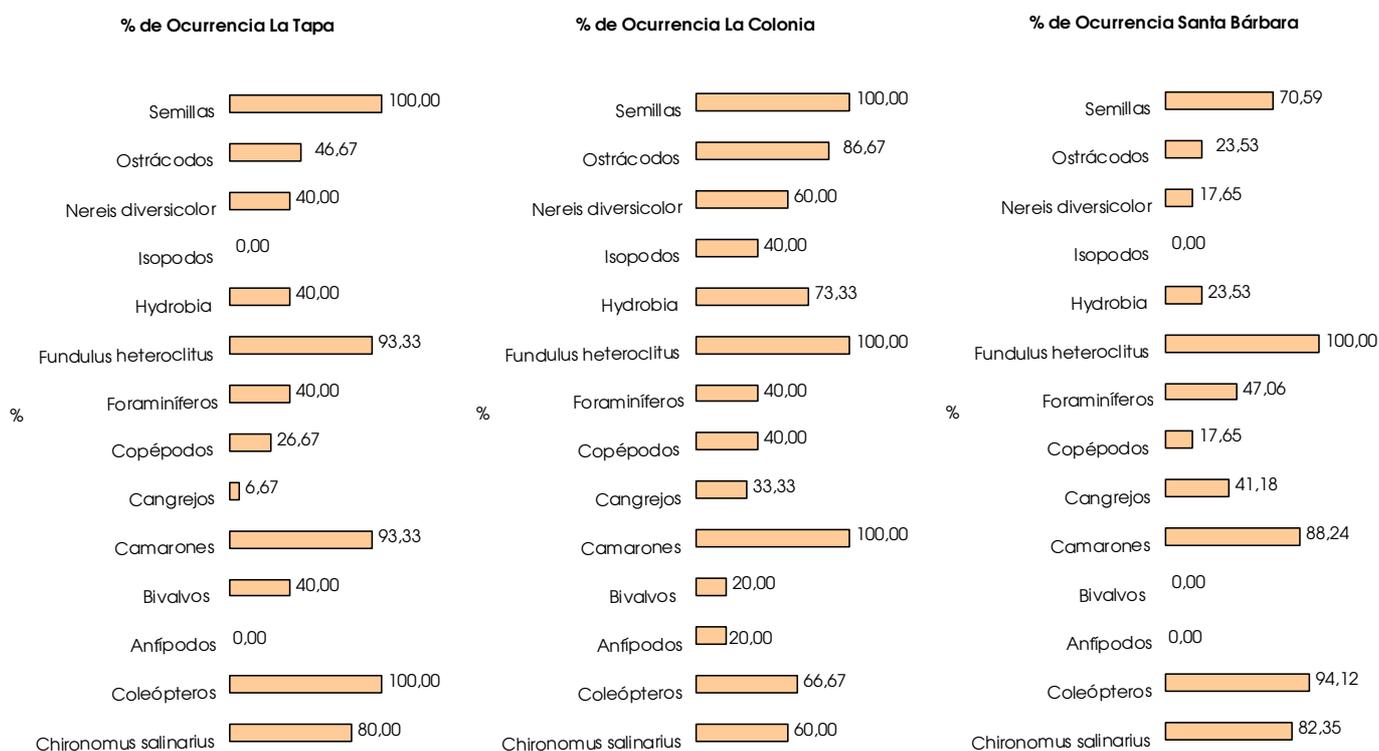
Gráfica 76: Porcentaje de ocurrencia de las diferentes presas presentes en las heces de Espátula Común en el Parque Natural Bahía de Cádiz.



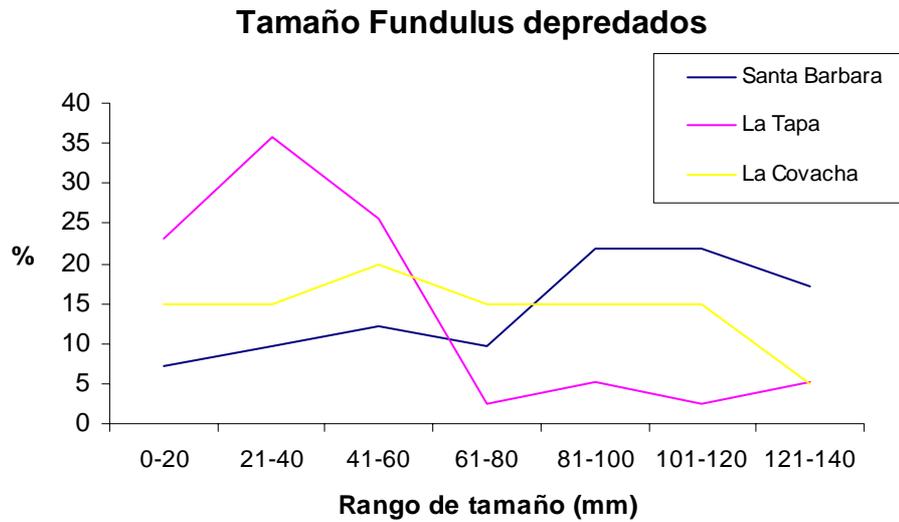
Diferenciando las tres zonas donde se recolectaron las heces, salina La Tapa, salina La Covacha y la salina Sta. Bárbara, encontramos que respecto a unas determinadas presas existe similitud en la ocurrencia mientras que respecto a otras presas existen diferencias en la ocurrencia (ver graf. 77). Así, las presas que presentan los mayores índices de ocurrencia se encuentran casi en todas las heces de las tres localizaciones, *Fundulus heteroclitus*, que varía entre un 93,33% de La Tapa y un 100% en La Covacha y los camarones, cuya ocurrencia varía entre un 88,24% en Sta. Bárbara y un 100% de La Covacha. Sin embargo, aunque las semillas vegetales se encuentran en todas las heces de la colonia y de La Tapa, en Sta. Bárbara el porcentaje de ocurrencia es menor. Algo similar ocurre con los coleópteros, muy comunes en las heces de La Tapa y Sta. Bárbara, y más escasos en las heces de la colonia. En general, se observa que las heces localizadas en La Covacha presentaron una riqueza de presas mayor que las otras dos localizaciones, ya que las principales presas

seleccionadas para el estudio se encontraron con algún porcentaje de ocurrencia en las heces de la Colonia.

Gráfica 77: Porcentaje de ocurrencia de las diferentes presas presentes en las heces de Espátula Común en las tres localizaciones.



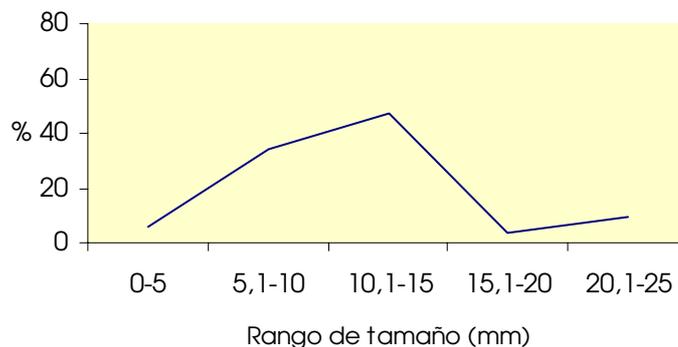
Respecto al tamaño depredado en las diferentes zonas (gráf. 78) podemos indicar que en La Tapa el 35 % de los *Fundulus* se encontró entre los 21 y los 40 mm de longitud, mientras que en Santa Bárbara el 40 % se situó entre los 81 y 120 mm de longitud. Sin embargo, en la colonia parece que el rango de tamaños depredado fue más heterogéneo. Esto parece indicar que las Espátulas depredaron los tamaños más comunes encontrados en las tres zonas de alimentación, aunque haría falta un muestreo de ictiofauna en las tres localizaciones para confirmar esta hipótesis.



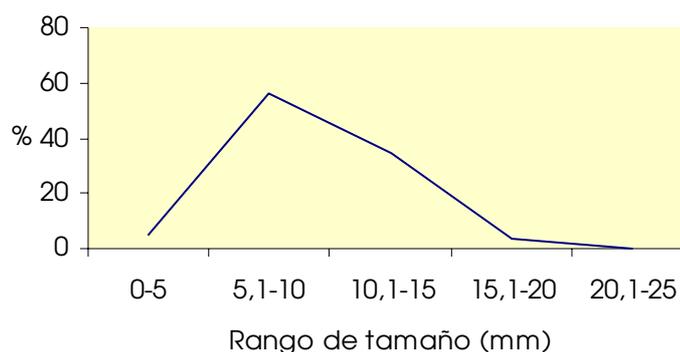
Gráfica 78: Porcentaje de *Fundulus heteroclitus* depredados en las tres zonas de estudio de cada rango de tamaño.

Respecto al tamaño de los quironómidos depredados, se observa que en la dieta de las Espátulas de la colonia (gráf. 79) el porcentaje mayor de esta presa fue de mayor tamaño que los quironómidos encontrados en las heces de La Tapa (gráf. 80) y de Santa Bárbara (gráf. 81). En las últimas dos localizaciones indicadas, los tamaños de quironómidos depredados fueron muy similares.

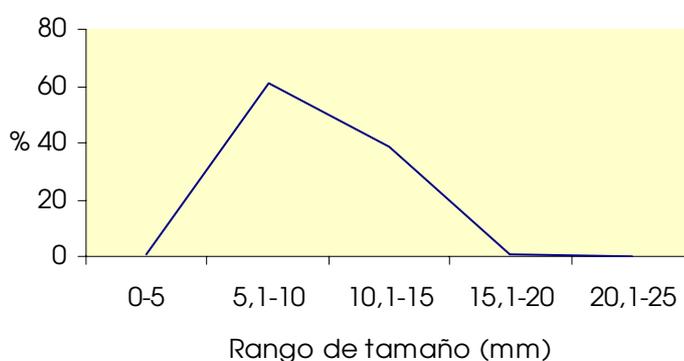
Gráfica 79: Porcentaje de *Chironomus salinarius* depredados en la colonia de cada rango de tamaño.



Gráfica 80: Porcentaje de *Chironomus salinarius* depredados en La Tapa de cada rango de tamaño.



Gráfica 81: Porcentaje de *Chironomus salinarius* depredados en Santa Bárbara de cada rango de tamaño.



Discusión

La dieta de las Espátulas en la Bahía de Cádiz fue similar en su composición general a la dieta descrita para la misma u otras especies de Espátulas, compuesta por peces, invertebrados acuáticos y elementos de origen vegetal (Matheu y del Hoyo 1992). Comparando nuestros resultados con los obtenidos para los pollos de la misma especie en el estuario del Odiel (Aguilera et al. 1996), se observa que existe similitud en la composición de la dieta, como es la presencia del pez *Fundulus heteroclitus* y de los camarones, si bien en nuestro caso los camarones aparecieron en prácticamente el 100% de las heces muestreadas mientras que en el Odiel esta presa apareció aproximadamente en el 50% de los estómagos y regurgitaciones muestreadas. Por el contrario, en ninguna de las tres zonas muestreadas en la Bahía de Cádiz el *Fundulus* alcanzó el 70% de las presas consumidas como sí ocurre en el Odiel.

Cabe resaltar la importancia que tiene la presa *Chironomus salinarius* en la dieta de la Espátula en la Bahía de Cádiz. La simple presencia de esta especie indica que las Espátulas utilizan los hábitats supramareales presentes en el P.N. Bahía de Cádiz como son las salinas. Más aun, los quironómidos representaron un porcentaje alto de la dieta de la Espátula, lo que parece indicar que las salinas juegan un importante papel en la ecología alimentaria de esta especie, especialmente para las aves no reproductoras. Posiblemente estas zonas supramareales actúen como zonas suplementarias de alimentación, ya que si bien el porcentaje de quironómidos en la dieta es alto, en general este porcentaje es menor que el ofrecido por *Fundulus heteroclitus*. Esta presa, al contrario que el quironómido, es muy común en las zonas intermareales, ya que en los últimos años su número ha disminuido en las salinas (Arias y Drake 1999). Además, la mayoría de las observaciones hechas de Espátulas alimentándose se han realizado en los fangos intermareales y más concretamente en el saco interno (ver apartado 3.1.1). Esta hipótesis de utilización de las zonas supramareales como comedero suplementario ha sido testada para otras especies de aves como los limícolas en la Bahía de Cádiz (Masero et al. 2000, Masero 2003).

La diferencia existente entre reproductores y no reproductores en el número de quironómidos presentes en las heces y en el porcentaje de ocurrencia de estos parece indicar que las aves reproductoras apenas utilizaron las zonas supramareales como áreas de alimentación y centraron su actividad alimentaria en los fangos intermareales. Esto podría confirmar la hipótesis inicial de que las aves reproductoras están limitadas temporalmente en su alimentación.

Metales pesados

Cada vez es más necesario conocer la ocurrencia, el destino y efecto de los compuestos químicos para evaluar la salud de los ecosistemas y proveer de indicadores rápidos del efecto nocivo que sobre estos últimos se puedan producir (Burger 2002). Los metales son persistentes en la naturaleza y algunos realmente acumulables en los organismos. Esta acumulación de metales puede producirse en continuo durante un amplio periodo de tiempo, hasta alcanzar niveles de toxicidad que pueden causar descensos en el éxito reproductivo o en la supervivencia de los organismos.

La valoración de los cambios medioambientales que pueden indicar un aumento de la entrada de contaminantes son particularmente importantes y las aves marinas pueden servir como buenos bioindicadores de estos cambios (Burger 1993, Monteiro and Furness 1997, Thopson et al. 1998, Burger et al. 2001). Su consideración como buenos bioindicadores de la situación del medio se debe a dos motivos fundamentales, por un lado se encuentran generalmente en las zonas superiores de la cadena trófica y por otro lado son especies de larga vida (Gochfeld and Burger 1998, Burger 2002). Los organismos que se encuentran en los niveles superiores de la cadena trófica están expuestos a mayores concentraciones de determinados compuestos que han ido biomagnificándose a lo largo de dicha cadena trófica. A su vez, los organismos de larga vida corren mayor riesgo frente a los contaminantes al poderse producir en su interior bioacumulación de determinados compuestos con el tiempo.

Aunque generalmente la mayoría de los estudios de metales pesados se han centrado en aves marinas costeras y en alta mar (Burguer 2002), en general las aves presentan algunos inconvenientes a la hora de utilizarse como bioindicadores debido a que muchas especies son altamente móviles a lo largo de su ciclo vital, ya que realizan migraciones anuales. Por tanto, es difícil asignar las concentraciones de metales encontrados a un hábitat concreto. Todas estas desventajas pueden paliarse utilizando especies no migradoras, pollos o huevos.

Las aves pueden excretar directamente los contaminantes en las heces, secuestrarlos en las plumas (Burger 1994a, Monteiro and Furness 1997) o en el caso de las hembras, excretarlos en las cáscaras o huevos completos (Burger 1994b, Burger 2002).

Las concentraciones de metales pesados en las plumas de los adultos son buenas bioindicadoras de la cantidad de metales pesados en el interior de los adultos y en el medio a largo plazo. Como las aves depositan los metales pesados en plumas durante la formación (Furness et al. 1986, Lewis and Furness 1991, Burger and Gochfeld 1997), las concentraciones de metales pesados en las plumas de aves adultas representarán la contaminación existente en el hábitat donde se alimentaron durante la formación de dichas plumas. Por tanto, si el ave es migratoria, solo se podrán relacionar estas concentraciones con el medio si se conoce con mucha exactitud cuando se dan los distintos momentos de muda (Burger 2002).

Por otro lado, tanto los huevos como los pollos son los más vulnerables a la exposición a metales pesados (Burger 2002). Los huevos suelen representar bien las exposiciones locales de contaminantes a las que se han visto sujetos los adultos (Burger 2002), así como la contaminación interna de los adultos (movilizándolo desde los tejidos), ya que como hemos indicado, una de las formas de eliminación del mercurio en las hembras es a través de la cáscara y del vitelo (Burger et al. 1999). Como ejemplo de la concentración de metales en las plumas de los pollos, el mercurio es acumulado durante el corto periodo de tiempo entre la eclosión y el desarrollo de las plumas. Puesto que el mercurio en las plumas tiene su origen en la dieta, y esta a su vez proviene del entorno, esta concentración de mercurio es una herramienta muy útil para indicar el nivel de polución en las cadenas alimenticias (Burger 1993) y puede ser usado para identificar polución local en el área de alimentación alrededor de las colonias (Gounter and Furness 1997).

Por tanto el uso de plumas para la medición de concentración de metales pesados es una buena herramienta porque: (1) Los metales son depositados únicamente durante un corto periodo de tiempo durante la

formación de la pluma, cuando ésta está irrigada por la sangre (Burger and Gochfeld 1997); (2) Las plumas son fáciles de recolectar de animales vivos (es una técnica de recolección no invasiva), animales muertos o incluso de los nidos de las aves reproductoras (Palma et al. 2005); (3) Además los ratios de concentración de metales en las plumas son muy consistentes, incluso comparándolo con otros tejidos (Burger 1994a); (4) Los niveles de metales pesados en plumas están relacionados directamente con la exposición interna (Burger 1993).

En el caso de la Bahía de Cádiz no se conoce cuales son los niveles de metales pesados localizados en las plumas de aves que se alimentan en la zona. Existen estudios que indican que próximos a la zona objeto de estudio y en otros puntos de la bahía existieron focos contaminantes de metales pesados (del Vals et al. 1998), los cuales produjeron un enriquecimiento en el medio de ellos. Debido a que los metales pesados son persistentes en el medio (Burger et al. 2004), es posible que aun hoy estos puedan entrar a formar parte de la cadena trófica. Por lo tanto, las aves que se alimenten en zonas cercanas a los puntos de emisión pueden presentar altas concentraciones de metales pesados.

Nuestra especie objeto de estudio en este apartado es la Espátula Común *Platalea leucorodia* que localiza una colonia de cría en la zona de estudio. El análisis de metales pesados en plumas nos permitirá conocer la concentración interna de metales pesados en los adultos, y por otro lado, la concentración interna de metales pesados en los pollos. Esta última será un buen bioindicador de la exposición a la que se ven sujetas las aves costeras que se alimentan en la zona de estudio. Debido a que las Espátulas localizadas en la colonia se alimentaron recurrentemente en el saco interno de la Bahía (ver apartado 3.1.1) y que en esta especie son los reproductores los que ceban a los pollos (Matheu y del Hoyo 1992), existe una alta probabilidad que el alimento aportado a los pollos provenga del saco interno. Por tanto, la concentración presente en las plumas de los pollos de Espátula será un bioindicador de la contaminación local.

Metodología

Se llevó a cabo un análisis comparativo de adultos reproductores y no reproductores, así como de los pollos de la colonia establecida en la salina de La Covacha.

Las plumas de adultos reproductores fueron recolectadas de los nidos activos justo al finalizar la cría (ver figura 69 a 72). Las plumas de los adultos no reproductores fueron obtenidas de dos dormideros (Burger and Gochfeld 1997) de Espátulas situados en el Parque Natural Bahía de Cádiz. Tanto las plumas de los pollos de una semana aproximadamente ($n = 5$) como de los pollos de aproximadamente 2 semanas ($n = 4$) se obtuvieron tanto de pollos vivos capturados en el anillamiento, como de las carcacas de pollos muertos encontrados en la colonia. Las plumas del pollo mayor de tres semanas la se obtuvieron de un ejemplar nacido este año que se encontró muerto en la colonia (anilla 9U2) (ver figura 71). Por tanto se analizó el total de los pollos anillados este año ($n = 5$).

Figura 69: Nido activo de la Espátula *Platalea leucorodia* de la colonia.



Figura 70: Plumas recolectadas de los nidos activos de la Espátula *Platalea leucorodia* situados en los muros de la colonia.



Figura 71: Pollo encontrado muerto (anilla 9U2) de la Espátula *Platalea leucorodia* encontrado en los muros de la colonia.



Los metales pesados elegidos fueron arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg), siendo los tres últimos los contaminantes más importantes del medio marino (Burger et al. 2001). Los metales pesados seleccionados tienen un origen antropogénico en el P.N. Bahía de Cádiz (del Valls et al. 1998). Así, el Pb tiene un origen urbano, procedente de las descargas de aguas residuales que hasta hace pocos años se estuvieron emitiendo al saco interno, así como de las emisiones de los vehículos a motor. El As y el Cd tienen su

origen en la contaminación asociada con las actividades náuticas. Finalmente el Hg está relacionado con la contaminación debida a las actividades industriales.

Figura 72: Equipo de trabajo utilizado en la recolección de plumas de Espátula.



Resultados

En la tabla 4 se presentan las concentraciones de As, Hg, Cd y Pb encontradas en las plumas de pollos de diferente tamaño y adultos, reproductores y no reproductores en la Bahía de Cádiz. Aunque no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de metales entre aves adultas y pollos (tabla 5), estos presentaron una concentración media de

Hg, As y Cd mayores que los individuos adultos, mientras que las aves adultas presentaron concentraciones mayores de Pb en las plumas (ver tabla 4).

Tabla 4: Concentración de metales pesados en las plumas de pollos de diferente tamaño y adultos, reproductores y no reproductores de la Espátula Común en época de cría en la Bahía de Cádiz.

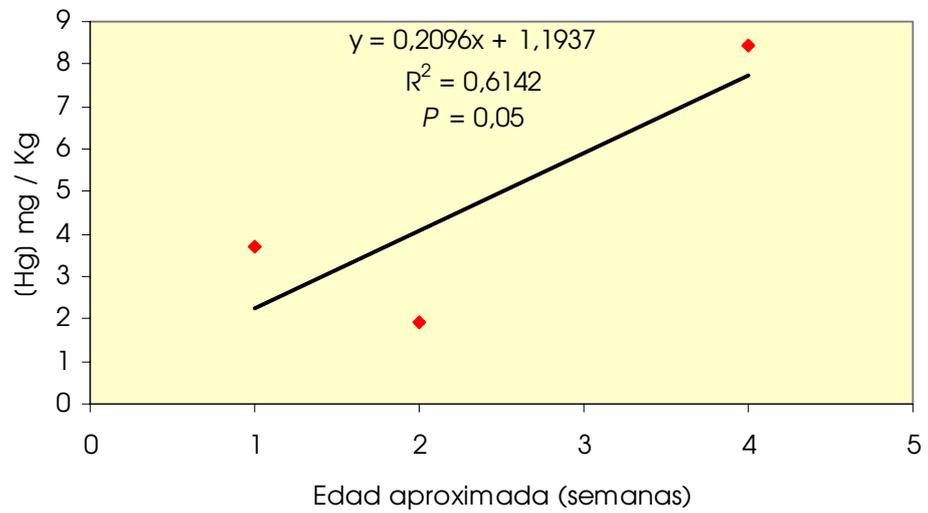
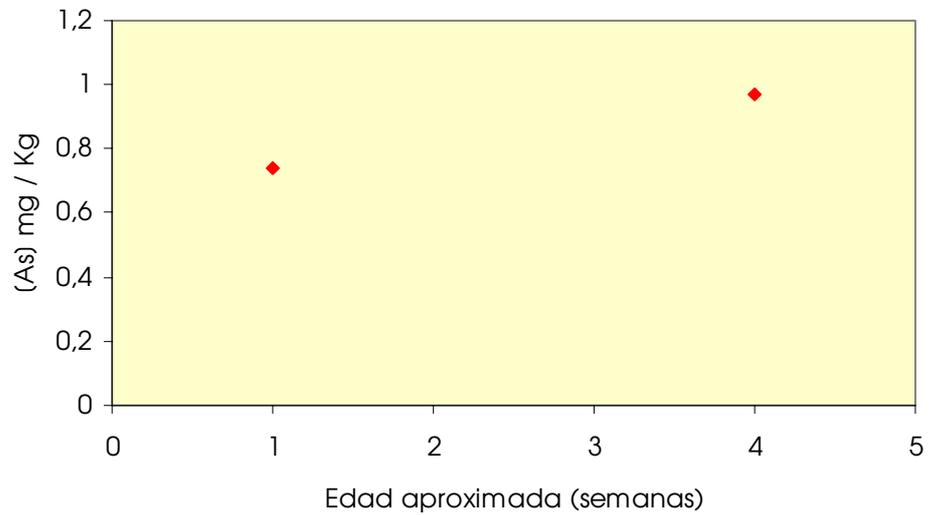
	(As) (mg/Kg)	(Hg) (mg/Kg)	(Cd) mg/Kg	(Pb) mg/Kg
Pollos pequeños	0,74	3,68	0,03	1,05
Pollos medianos		1,94	4,20	1,25
Pollo grande	0,97	8,44	1,48	2,25
Adultos reproductores	0,73	2,40	1,26	2,57
Adultos no reproductores	0,54	2,65	0,60	1,02

Tabla 5: Resultados de la comparación (ANOVA-1 vía) de la concentración de metales pesados en plumas entre adultos y pollos de Espátula Común en la Bahía de Cádiz.

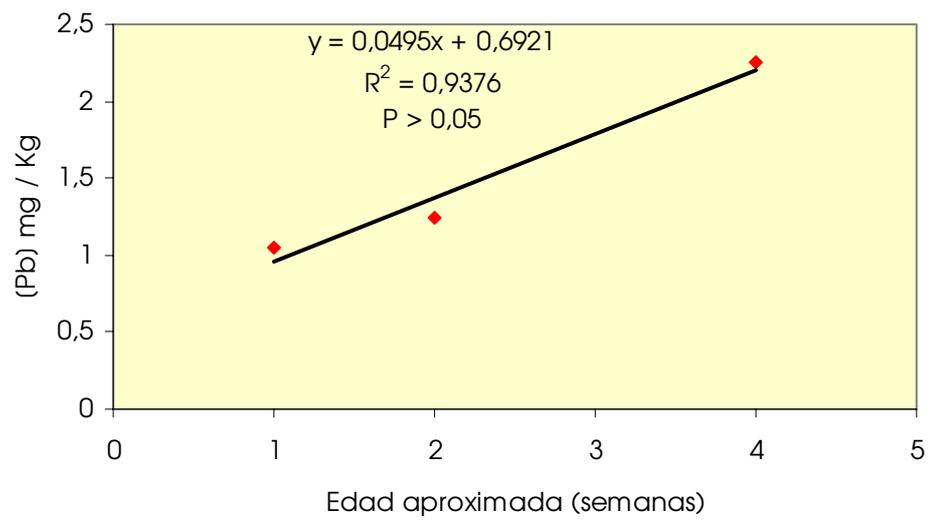
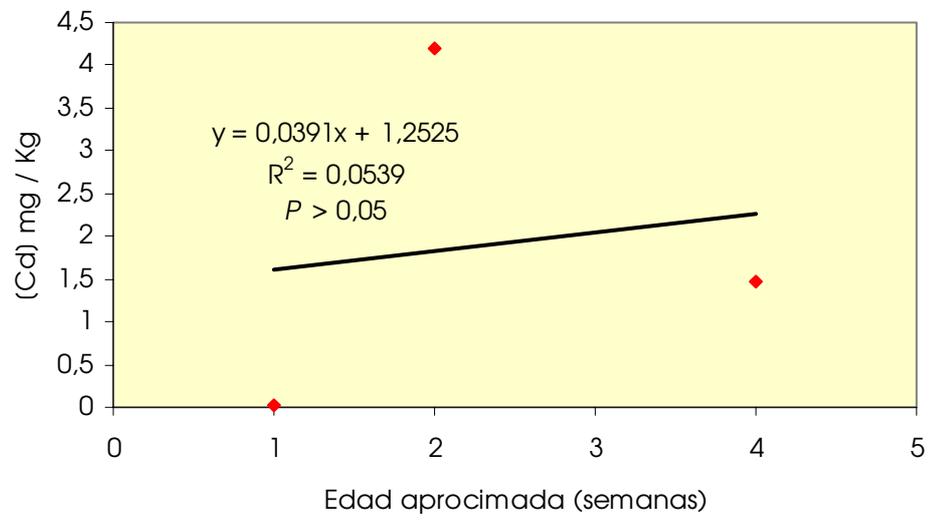
Metal	F	P	d.f.
As	1,35	0,27	1-8
Hg	2,77	0,13	1-8
Cd	3,16	0,11	1-8
Pb	0,15	0,71	1-8

Teniendo en cuenta solo los pollos, encontramos una tendencia al aumento de la concentración de As, Hg (graf. 82 y 83) y de Pb (graf. 85) con la edad, aunque estas no fueron significativas. En el Cd (graf. 84) esta tendencia no fue clara.

El resultado más llamativo fue la alta concentración de mercurio encontrada en el pollo de este año de más de un mes localizado muerto en la colonia.



Gráficas 82 y 83: Evolución de la concentración de As y Hg en las plumas de pollos de Espátula en función de la edad aproximada.



Gráficas 84 y 85: Evolución de la concentración de Cd y Pb en las plumas de pollos de Espátula en función de la edad aproximada.

Discusión

La vía de adquisición de los metales pesados en los adultos se produce a través de las presas y por la ingestión indirecta de sedimento durante la alimentación (Burger et al. 1999, Burger et al. 2004). Respecto a la vía de adquisición de los metales pesados por parte de los pollos, esta se produce a través del alimento que le aportan los padres. En las aves acuáticas los hábitos alimenticios tienen una alta influencia en el contenido de mercurio de las plumas. Conocemos de manera cualitativa cuales son las principales presas de la Espátula en la Bahía de Cádiz (ver apartado de la dieta), siendo las principales presas el *Fundulus sp.* y el camarón. De estas presas, los peces suelen acumular altas proporciones de Hg, mientras que los invertebrados suelen acumular en mayor proporción el Pb (Burger 2002).

Excepto para el Cd, parece que con el aumento de la edad los pollos de Espátula estuvieron expuestos a mayores concentraciones de Hg, As, y Pb, que se tradujeron en aumentos de la concentración en las plumas.

Cabe indicar que no hemos encontrado información en la literatura sobre niveles de metales pesados en plumas de Espátula Común. Por ello hemos comparado nuestros datos con las concentraciones de As, Hg, Cd y Pb encontradas en plumas de pollos de Espátula Rosada, y otras especies de aves costeras. Consideramos que esta comparación es posible ya que la dieta de estas especies es similar (peces e invertebrados) a la que posee la Espátula Común. Así, comparando las concentraciones de Cd en plumas, encontramos que tanto los pollos como los adultos de Espátula Común de la Bahía de Cádiz presentaron niveles mayores de Cd que los encontrados en Gaviotas (Burguer 1996), aunque los niveles de los adultos fueron similares a los encontrados en adultos de Garzas (Burguer and Gochfeld 1997).

Por el contrario, la concentración de Pb encontrada en las plumas de pollos y adultos de Espátula fue menor que la encontrada en Garzas adultas y similar a la encontrada en Gaviotas.

Los niveles de As encontrados tanto en pollos como en adultos de Espátula fueron similares a los encontrados en Gaviotas.

Por último, las concentraciones de Hg en las plumas de los adultos de Espátula sí se encontraron dentro de los rangos observados en las plumas de pollos de Espátula Rosada y otras aves costeras. Sin embargo, la concentración media de Hg en las plumas de los pollos de Espátula de la Bahía de Cádiz fue mayor que la encontrada en los pollos de otras especies, como los de la Espátula Rosada con 2 mg / Kg (Beyer et al. 1997), pollos de Garzas (Goutner y Furness 1997), Gaviotas (Burguer 1996), Cigüeñuelas (Tavares et al. 2004) o Charrancitos (Thyen et al. 2000). Solo un estudio de pollos de Charrancitos en el suroeste de la península ibérica ha obtenido niveles similares o incluso mayores de concentración de Hg en plumas de pollos (Tavares et al. 2005).

Es inusual que dentro de la misma especie, los pollos presenten una mayor concentración de metales pesados que los adultos, especialmente de Hg, como ocurre en nuestro caso, ya que este metal se bioacumula con la edad (Burger 1993). Estas diferencias pueden deberse a dos motivos. Uno es la existencia de diferencias en la dieta entre adultos y pollos, algo improbable en el caso de la Espátula ya que los adultos reproductores alimentan a sus pollos con el mismo tipo y tamaño de presa con los que ellos se alimentan (Matheu y del Hoyo 1992). El segundo motivo, tal vez es más probable, indica que los pollos pueden estar expuestos a mayores niveles de mercurio en esta zona de cría que los adultos en las zonas de invernada o en la zona en donde se produjo la muda del plumaje.

Comparando nuestros datos con los obtenidos en los análisis de Cd en huevos e hígados de Espátulas del Parque Nacional de Doñana (Hernández et al. 1999) antes del vertido tóxico de la mina de Aznalcollar (1975-1992), observamos que los niveles de Cd en las plumas de adultos del P. N. Bahía de Cádiz están dentro de los rangos observados en Doñana. Por otro lado, los niveles de Cd en las plumas de los pollos de la Bahía de Cádiz superan los niveles de Cd encontrados en los huevos e hígados de las Espátulas del P. N. de Doñana. Teniendo en cuenta que el Cd se concentra más en el hígado

que en las plumas (Gochfeld et al. 1996), podemos asumir que las Espátulas del P. N. Bahía de Cádiz presentan niveles de Cd mayores que las Espátulas del P. N. de Doñana, tanto en el caso de los pollos como en el de los adultos.

Respecto al efecto que pueden tener sobre las aves las concentraciones que hemos encontrado de metales pesados en plumas, se sabe que niveles de Hg por encima de 3 mg / Kg pueden tener efectos adversos (Eisler 2000, Burger and Gochfeld 1997), así como niveles de Hg de 5 mg / Kg o superiores pueden disminuir el tamaño de la puesta, disminuir la tasa de eclosión o incluso disminuir la supervivencia de los pollos (Eisler 1987). El pollo de mayor tamaño incluido en el análisis localizado muerto poseía una concentración media de Hg en plumas de 8,44 mg / Kg, un valor muy superior a las concentraciones que pueden causar algún efecto adverso. Además, los pollo más pequeños tenían un nivel de Hg en pluma de 3,68 mg / Kg, concentración que ya puede tener efectos adversos y más si tenemos en cuenta que se trata de pollos, que son más vulnerables a la exposición a metales pesados (Burger 2002). Por otro lado los pollos de mediano tamaño presentaron unos niveles de Cd de 4 mg / Kg, rango donde este metal ya puede causar efectos adversos en pollos (Burger 1997).

Podemos concluir que los pollos de Espátula en la Bahía de Cádiz están expuestos a altos niveles de Hg y Cd, niveles que pueden producir efectos adversos y en algunos casos incluso disminuir la supervivencia de los pollos.

Interacción Espátula Común - Gaviota Patiamarilla

En la salina de La Covacha, junto a la Espátula Común, cría la Gaviota Patiamarilla (*Larus michahellis*). La Gaviota Patiamarilla ha experimentado en las últimas décadas un aumento exponencial de sus efectivos (Díaz et al 1996). Esta expansión, debido en gran parte a distintas causas de origen antrópico ha tenido consecuencias negativas sobre otras colonias de especies orníticas que compiten (por el espacio o por los recursos) con las gaviotas.

Para evaluar la posible interacción negativa de La Gaviota sobre la Espátula:

- Se ha realizado un mapeo de los nidos de ambas especies muro a muro en toda la salina. Esto nos permitirá, mediante mapeos posteriores en las sucesivas temporadas de cría, conocer la evolución de la localización de los nidos de ambas especies con el tiempo y podremos analizar la posible competencia por el espacio entre ambas especies.
- Se han tomado medidas de perturbación entre ambas especies

En la figura 73, se distingue entre las dos zonas diferenciadas en la época de cría en la salina de La Covacha. La zona 1 corresponde a los evaporadores y vueltas de periquillo, donde se encuentra la colonia de Espátula y donde se ha visto también criar a la Gaviota Patiamarilla principalmente. La zona 2 incluye el estero y toda la parte de los cristalizadores. Aquí se encontró únicamente a la Gaviota Patiamarilla criando, en menor número que en la zona 1.

Realizando una búsqueda más detallada por muro, pudimos señalar e identificar en cada uno cuántos nidos existen de las dos especies en la época de cría. Así, podemos ver la abundancia de nidos en ambas zonas, la distancia entre los mismos e incluso si existe una selección clara de muros por especie.



- Zona 1 (Evaporadores y vueltas de periquillo.
- Colonia de *Platalea*

Figura 73: Localización de las zonas diferenciadas en la época de cría en la salina La Covacha.

En la zona 1 (fig. 73) se observa, la colonia de Espátulas, que este año sólo presentó 26 nidos, y anexo a ellos se encontraron los 170 nidos de Gaviota Patiamarilla encontrados estaban más expandidos, hallándose prácticamente en todos los muros que constituyen esta zona. No existen nidos de Gaviota Patiamarilla dentro de la colonia de Espátulas, pero sí existe una clara expansión y dominio de Gaviotas en toda la zona 1 y en un perímetro muy cercano a los muros donde cría la Espátula, encontrando nidos de Gaviota en muros colindantes a los de Espátula (ver figura 74).



● Nidos de *Platalea leucorodia*

● Nidos de *Larus michahellis*

Figura 74: Localización de nidos en la zona 1 (colonia de *Platalea leucorodia*) en la salina La Covacha. Cada punto corresponde a un nido, salvo en los casos en los que por facilitar la visibilidad aparece un número indicando el total de nidos encontrados en el muro.

La cantidad de nidos localizados en la zona 2 (fig. 75) es bastante inferior a la de la zona 1 como se indicó anteriormente, con 49 nidos de Gaviota Patiamarilla en esta zona. No se encontró ningún nido en la parte del estero, únicamente se detectaron nidos en los muros e islas en el área de los cristalizadores.



● Nidos de *Larus michaellis*

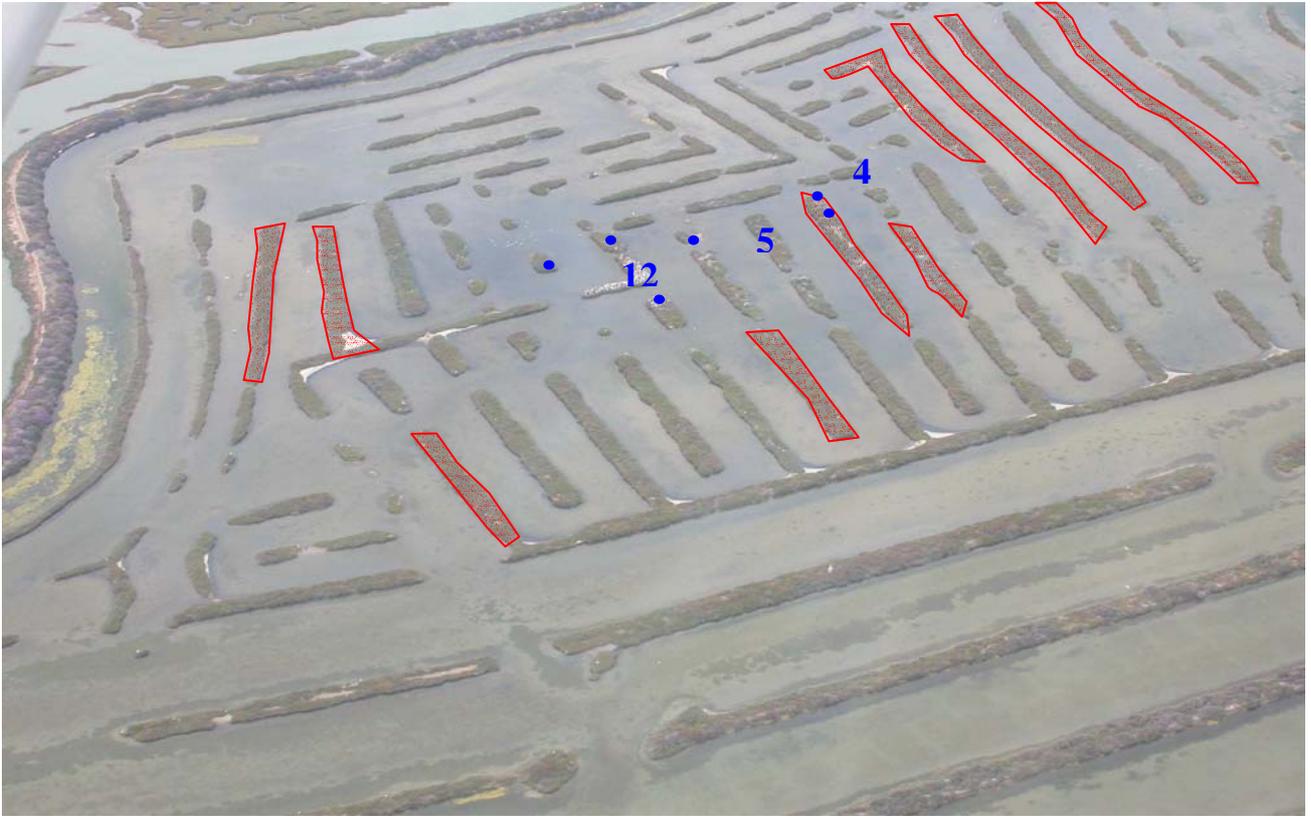
Figura 75: Localización de nidos en la zona 2 en la salina La Covacha. Cada punto corresponde a un nido de Gaviota Patiamarilla *Larus cachinnans*.

Con objeto de conocer los muros más seleccionados por ambas especies, se resaltan en las figuras 76 aquellos muros en los cuales se contabilizaron más de 5 nidos de Gaviota Patiamarilla en la zona donde se encuentra la colonia de Espátula. Pretendemos resaltar la densidad de nidos por muro en función de la aproximación a la zona de cría de la colonia de Espátula para ver si las zonas más cercanas a la colonia son las más seleccionadas por la Gaviota Patiamarilla. En dicha figura se observa que existe una ligera frontera limítrofe entre la colonia de Espátula y los nidos de Gaviota Patiamarilla. Aunque en todos los muros próximos a la zona de cría de la Espátula encontramos nidos de Gaviota, sí es cierto que donde existe una mayor abundancia de éstos es en muros más alejados de la colonia.

Parece que hasta la fecha y en vistas del incremento de nidos de Espátulas en estos años (salvo en el 2005, por las razones excepcionales que ya se han comentado), no existe un desplazamiento claro o una competencia fuerte por el espacio entre ambas especies, si bien hará falta un seguimiento en años sucesivos para poder evaluar este aspecto exhaustivamente.

En la zona 2 no existió un gran número de nidos de Gaviota Patiamarilla, aunque si existió una cierta concentración de los mismos (ver figura 75 y 77).

Estos mapas, como se ha comentado anteriormente son la base para poder evaluar en el futuro si existe o no un efecto de desplazamiento de la Gaviota sobre la Espátula. No obstante teniendo en cuenta que el número de nidos de Espátulas ha ido incrementándose año a año (salvo la cría del 2005 que ha sido muy atípica (ver apartado 3.1.2), nos inclinamos a pensar que no ha existido hasta la fecha dicho desplazamiento.



- Nidos de *Platalea leucorodia*
- Muros con más de 5 nidos de *Larus michahellis*

Figura 76: Localización de nidos en la zona 1 (colonia de *Platalea leucorodia*) en la salina La Covacha. Cada punto corresponde a un nido de Espátula *Platalea leucorodia*, salvo en los casos en los que por facilitar la visibilidad aparece un número indicando el total de nidos encontrados en el muro.



Muros con más de 5 nidos de *Larus michahellis*

Figura 77: Localización de nidos en la zona 2 en la salina La Covacha.

Medidas de perturbación

Se registró el número de ataques a la colonia por parte de la Gaviota Patiamarilla mediante secuencias de observación continua. Se registraron 270 minutos de observación con ayuda de un telescopio Leyca (20x60) y 3 observadores. Las tasas se tomaron en diferentes días durante el periodo en que estaban los pollos en la colonia, que es cuando más riesgo de perturbación existe por parte de la Gaviota. Paralelamente se registró el comportamiento de la colonia ante focos de perturbación de otra índole.

En estas secuencias se registró:

- Foco de perturbación: gaviota, persona, helicóptero, etc...
- Distancia al foco de perturbación: estima de la distancia desde el centro de la colonia al foco de perturbación.
- Respuesta de las Espátulas: vigilancia, vuelo.

El número medio de Espátulas durante todo el periodo de las observaciones fue de 115 ± 16 individuos y 122 ± 9 de Gaviotas.

Se registraron 4 ataques directos por la Gaviota Patimarilla a la colonia de Espátula, y en un caso con 20 intentos de captura. El resto de perturbación por la gaviota consistió en grupos que sobrevolaron la colonia provocando la vigilancia de las Espátulas.

En cuanto a la perturbación humana, se registró el paso de 11 mariscadores que utilizaron los muros de la salina en distintos días. Hasta una distancia de 150 metros de la colonia no se registró perturbación alguna, ya que el comportamiento de todos los individuos de la colonia no se vio alterado. Es a partir de una distancia de 80 metros a la colonia cuando la perturbación se maximizó, ya que a esta distancia se registraron a todas las Espátulas en vigilancia. Hay que destacar que en ningún momento se observó predación de la Gaviota sobre pollos o huevos de Espátula, como sí se ha constatado para otras especies de Espátula (p.e. Jong-Ryol et al. 2000).

Por último señalar que no se registró perturbación alguna en las aves cuando los helicópteros sobrevolaron la colonia a una altura de 150m.

3.2. Tasas de ingestión

Como se expuso en la introducción de este informe, la variable “tasa de ingestión (mg MSLC s^{-1})” es una variable sencilla que nos arroja mucha información sobre la calidad de una determinada zona, ya que nos informa sobre la cantidad de biomasa (y energía) que está obteniendo el individuo en esa zona.

Para conocer la tasa de ingestión necesitamos saber qué presa está capturando el individuo, de qué tamaño y a qué velocidad. En aves de pequeño tamaño como son la mayoría de los limícolas, es necesario complementar las observaciones directas, el análisis de las heces y muestreos en la zona, para conocer con exactitud estas variables.

En este caso, el Grupo de Conservación de Humedales Costeros cuenta con una gran información en cuanto a las presas potenciales que existen en el medio, así como la biomasa que posee cada tamaño de cada presa potencial (Masero 1999, Castro 2001, Estrella 2001, GCHC 2004a, GCHC 2004b). Además, también posee un amplio conocimiento de la dieta de las especies de limícolas en el Parque Natural Bahía de Cádiz (Pérez-Hurtado et al. 1997, Masero et al. 2000, Masero y Pérez-Hurtado 2001, Castro 2001, Estrella 2001, Masero 2003). Contando con esta información, la variable que fue necesaria para conocer la tasa de ingestión fue la velocidad, es decir, el número de picotazos exitosos por unidad de tiempo.

Por tanto, en el presente estudio se realizaron filmaciones de aves alimentándose, lo que permitió, además de realizar observaciones directas de las presas para constatar qué estaban depredando las aves, conocer la técnica de alimentación utilizada por las aves, que a su vez nos arroja mucha información al respecto.

Conociendo las presas que fueron capturadas y a qué velocidad fueron capturadas, se calculó qué cantidad de biomasa fue ingerida por unidad de

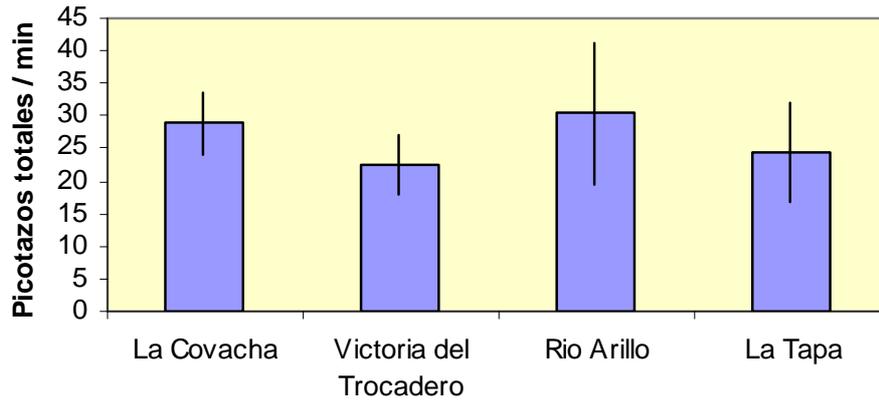
tiempo. Una vez calculado esto, y multiplicado por la densidad energética de la presa que estaba ingiriendo el ave, obtuvimos la energía bruta que ingiere un individuo por unidad de tiempo. Ahora bien, este valor corresponde a la energía bruta o total, pero no toda la energía es asimilada por el ave ya que existe un porcentaje de asimilación, dependiendo del tipo de dieta que se trate. Por ejemplo, las cutículas de los insectos son difíciles de digerir, así como las conchas de los bivalvos, etc, de manera que hay que aplicar el porcentaje de asimilación correspondiente a cada tipo de presa de la que se trate (Castro et al. 1989, Karasov 1990).

Se han obtenido las tasas de ingestión de cinco especies de aves limícolas que recogen el espectro de las diferentes técnicas de alimentación: visuales, táctiles y especies que utilizan ambas, así como los distintos tamaños. Estas son: la Aguja Colinegra *Limosa limosa*, el Archibebe Común *Tringa totanus*, el Correlimos Común *Calidris alpina*, el Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula* y el Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus*.

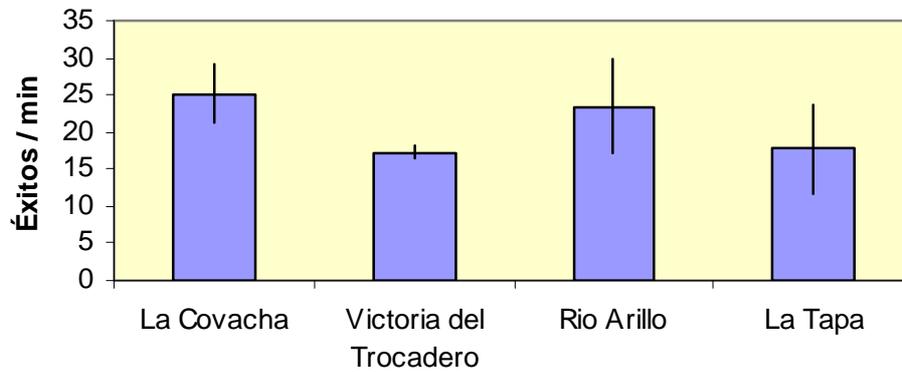
Todos los datos referidos a variables de alimentación aluden a la salina de La Covacha, ya que en la salina de El Consulado, la utilización como zona de alimentación fue casi inexistente (ver apartado uso del hábitat). Estas tasas obtenidas en La Covacha fueron comparadas con otras tasas de ingestión obtenidas en otras zonas del P.N. Bahía de Cádiz.

3.2.1. Tasas de ingestión de la Aguja Colinegra (*Limosa limosa*)

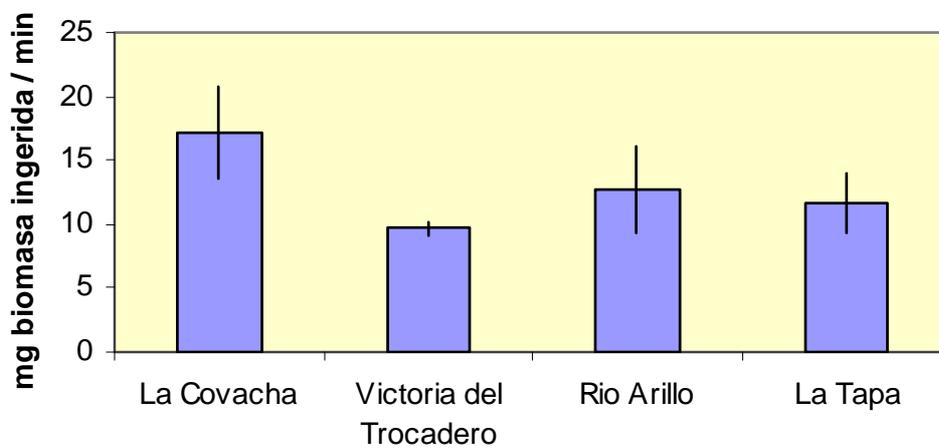
La salina donde mayor pruebas totales por unidad de tiempo hubo fue el lugar donde mayor número de éxitos por minuto consiguió esta especie. La Aguja Colinegra obtuvo mayor número de presas por minuto en la salina de Tres Amigos-Río Arillo que en el resto de las salinas (graf. 86), siendo esta diferencia significativa (ver tabla 6).



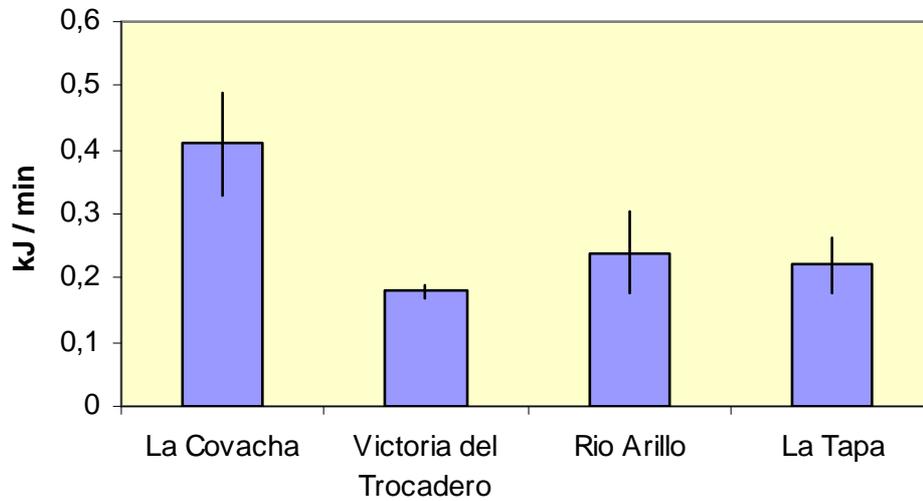
Gráfica 86: Número de pruebas realizadas por minuto en las diferentes salinas por la Aguja Colinegra.



Gráfica 87: Número de presas capturadas con éxito por minuto en las diferentes salinas por la Aguja Colinegra.



Gráfica 88: Biomasa ingerida por minuto en las diferentes salinas por la Aguja Colinegra.



Gráfica 89: Energía (kJ m⁻¹) ingerida en las diferentes salinas por la Aguja Colinegra.

Tabla 6: Análisis del efecto de las salinas en los éxitos por minuto (ANOVA-1 vía), pruebas totales por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto (Kruskall-Wallis) en la Aguja Colinegra. $\alpha = 0,05$.

Efecto Salina			
	<i>F</i>	<i>P</i>	g.l.
Éxitos / min	10,67	< 0,0001	3-99
	χ^2	<i>P</i>	g.l.
Pruebas totales / min	14,82	< 0,01	3
mg PSLC / min	26,6	< 0,0001	3
kJ / min	21,16	< 0,0001	3

Sin embargo la cantidad de energía obtenida por unidad de tiempo fue significativamente mayor en la salina La Covacha (graf. 89).

Esto se debe a que en invierno en La Covacha las Agujas depredaron sobre bivalvos, posiblemente de la especie *Cerastoderma sp.*, la más común en los esteros del P.N. Bahía de Cádiz (Arias y Drake 1994, Estrella 2001, GCHC 2004b). Este invertebrado ofrece más energía por unidad de tiempo, ya que la cantidad de biomasa ingerida por individuo suele ser mayor (3,03 mg PSLC / individuo) que la de otros macroinvertebrados que se encuentran en las zonas supramareales como son la larva de díptero *Chironomus salinarius* (0.4 mg PSLC / individuo), presa típica de esta especie en la salina de La Tapa (Estrella 2001) y Tres Amigos (GCHC 2004a).

Sin embargo en al época post-nupcial se llevó a cabo un muestreo de invertebrados en la salina de La Covacha (ver 3.3) y el resultado fue que la presa única que aparecía en ellos fue el *Chironomus salinarius*, (larva de mosquitos) a densidades muy altas (densidad media: 5.113 ± 2310 ind. m², rango: 2.800-10.200 ind. m²).

El quironómido vive anclado en el bentos hasta que ocurre la migración vertical a la superficie donde se convertirá en un mosquito adulto. Es cuando vive en el bentos cuando la Aguja Colinegra lo depreda, con una técnica táctil, por lo que la captura es más rápida cuando hay una densidad alta de quironómidos. Esta presa tiene una biomasa por individuo menor que la del Nereis: 0,4 mg PSLC / individuo para el quironómidos, y 5,5 mg PSLC / individuo para el tamaño medio de Nereis encontrados en las zonas intermareales del Trocadero y una densidad energética mayor, siendo de $23,81 \text{kJg}^{-1}$ frente a $22,2 \text{kJg}^{-1}$ para el Nereis.

Por tanto, *a priori* no es una presa óptima para la Aguja Colinegra porque tendría que capturar muchos individuos para poder igualar en energía lo obtenido por un Nereis, por ejemplo. Sin embargo, a densidades muy altas como es en nuestro caso, el tiempo de búsqueda de la presa se hace

prácticamente 0, y la baja energía que aporta esta presa por individuo con respecto a otras es compensada con el aumento de captura de individuos, es decir, obtiene más individuos y por tanto más biomasa por unidad de tiempo.

Queremos comentar que la Aguja Colinegra no depreda sobre la *Artemia sp.*, ya que ésta debe ser capturada en la columna de agua y la ingestión de sal al capturarla, debido posiblemente a la morfología del pico (Masero 2002) que presenta la Aguja, es muy alta. Esto hace que la *Artemia* no sea una presa rentable energéticamente para la Aguja ya que luego debe excretar dicha sal, con el consiguiente gasto de energía que conlleva esto.

Las Agujas se alimentaron siempre en las profundidades mayores, tanto en la salina La Covacha (ver tabla 7) como en todas las salinas combinadas (ver tabla 8), destacando que tanto en el Río Arillo como en La Tapa en invierno lo hicieron únicamente entre los 80 y 120 mm.

Tabla 7: Media de las variables pruebas totales por minuto, éxitos por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación de la Aguja Colinegra en La Covacha.

Profundidad de alimentación (mm)	Media de pruebas totales / min	Media de éxitos / min	Media mg PSLC / min	Media de kJ / min
40-80	18,3 ± 4,67	15,7 ± 4,93	45,34 ± 1,39	1,07 ± 0,04
80-120	21,77 ± 4,78	16,17 ± 4,01	72,31 ± 46,43	1,72 ± 1,11

Tabla 8: Medias de las variables pruebas totales por minuto, éxitos por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación de la Aguja Colinegra con todas las salinas combinadas.

Profundidad de alimentación (mm)	Media de pruebas totales / min	Media de éxitos / min	Media mg PSLC / min	Media de kJ / min
40-80	19,03 ± 2,86	16,31 ± 2,99	27,40 ± 20,73	0,63 ± 0,51
80-120	27,74 ± 10,04	21,1 ± 6,6	21,52 ± 27,96	0,46 ± 0,68

El hecho de que las Agujas solo se alimentaran en las profundidades mayores puede ser debido a un simple factor de densodependencia. Como vimos en el apartado de uso, la densidad en La Covacha es alta y este efecto densodependiente pudo hacer que exista un efecto de segregación por competencia. Las Agujas son aves que poseen extremidades más largas (altura media 40 cm) que los limícolas de tamaño pequeño, como el Correlimos Común (altura media 19 cm). Esto les favorece a la hora de explotar zonas más profundas de los estanques donde sólo un pequeño número de especies de tamaño medio pueden competir por el alimento con ellas, mientras que en las zonas más someras este número de especies competidoras aumenta al poder acceder a los invertebrados presa las especies de limícolas de menor tamaño.

La profundidad de alimentación no afectó a la cantidad de presas por minuto que la Aguja obtuvo tanto en la salina La Covacha como en todas las salinas combinadas (tabla 9). Sin embargo, sí se observó una diferencia significativa en el número total de pruebas por minuto entre las diferentes profundidades combinando todas las salinas (tabla 9), siendo la profundidad mayor la que mayor número de pruebas por minuto presentó. Lo que no significó, como hemos indicado antes, una diferencia significativa en los éxitos (ver tabla 8 y 9). Suponiendo que las densidades de invertebrados son similares entre las dos profundidades, puesto que la presión de depredación parece ser similar entre las profundidades mayores de alimentación, parece que las Agujas presentaron mayor dificultad en localizar a sus presas a mayor profundidad que a menor profundidad.

Tabla 9: Análisis del efecto de la profundidad de alimentación en las variables pruebas totales por minuto, éxitos por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto en La Covacha y en todas las salinas combinadas en la Aguja Colinegra (ANOVA) $\alpha = 0,05$.

	Efecto profundidad de alimentación en todas las salinas			Efecto por profundidad de alimentación en la salina La Covacha			
	F	P	g.l.	F	P	g.l.	
Éxitos / min	2,08	0,15	1-104	0,022	0,88	1-15	
	χ^2	P	g.l.	χ^2	P	g.l.	
Pruebas totales / min	4,08	0,04	1	0,0078	0,92	1	
mg PSLC / min	0,0098	0,92	1	2,01	0,16	1	
kJ / min	0,0098	0,92	1	2,02	0,16	1	208

Subzonas

Se ha realizado un análisis comparativo de las tasas de ingestión en cada una de las subzonas en que se ha encontrado alimentándose a la Aguja Colinegra, con objeto de conocer si existen diferencias en cuanto a la energía que obtiene en cada una de ellas. O por el contrario todas las subzonas de La Covacha aportan la misma energía a esta especie. Este análisis nos permite elucidar si la Aguja puede explotar cualquier zona de la salina o está restringida a un número determinado de parches de alimentación dentro de la salina. Esta información es muy útil a la hora de proyectar un manejo adecuado de la salina ya que nos permite conocer los parches más o menos beneficiosos para las distintas especies consideradas.

En la tabla 10 aparecen los valores de las variables analizadas anteriormente para las distintas subzonas dentro de la salina.

Tabla 10: Análisis por subzonas del número de presas capturadas por minuto, biomasa e ingestión de energía de la Aguja Colinegra en la salina de La Covacha.

Subzona ¹	Exitos m ⁻¹	mg PSLC m ⁻¹	kJ m ⁻¹
Va 1	21.19 ±11.62	34.68 ± 11.32	0.81±0.26
Va 2	32.70 ± 4.43	17.11 ± 3.61	0.41±0.08
Va 3	22.90 ± 9.70	79.21 ± 59.35	1.88 ± 1.41
Va 4	13.88 ± 2.36	52.64 ± 8.93	1.24 ± 0.21
<i>F</i> _{2,39}	3.86	5.19	5.66
<i>P</i>	0.019	0.006	0.0037

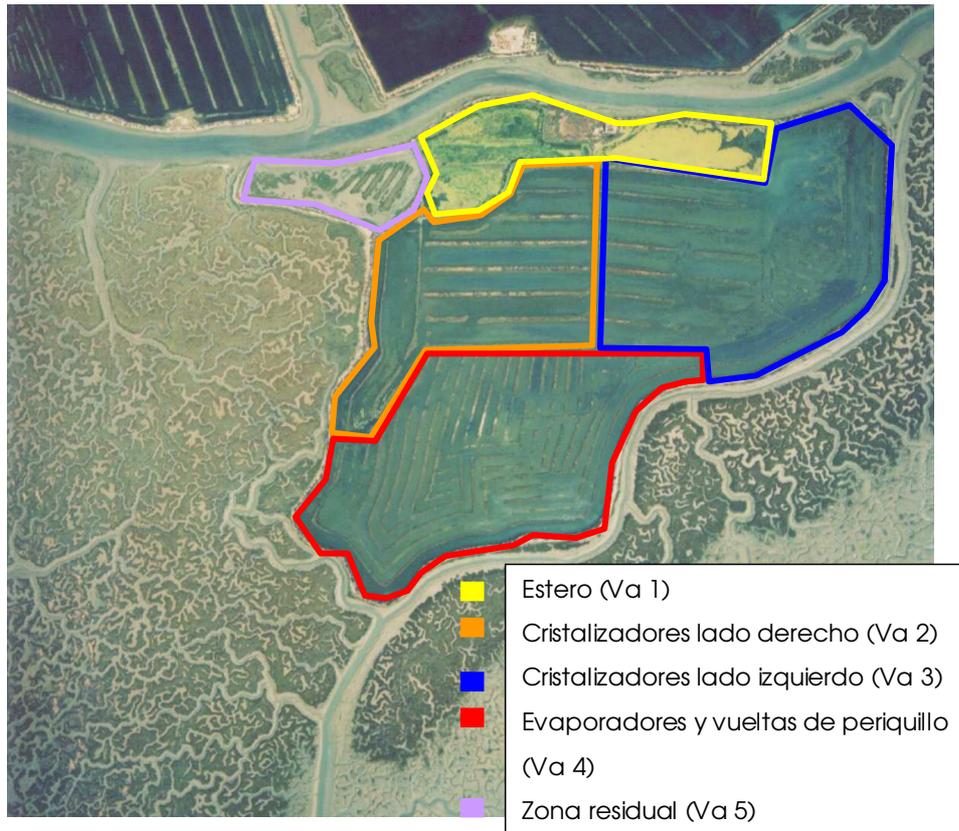


Figura 78: Localización de las distintas zonas diferenciadas para la salina La Covacha. Entre paréntesis los códigos de las zonas.

La Aguja Colinegra se alimentó en todas las zonas de La Covacha, siendo las subzonas Va2 y Va3 las que más energía aportaron a esta, es decir, los antiguos cristalizadores de la salina.

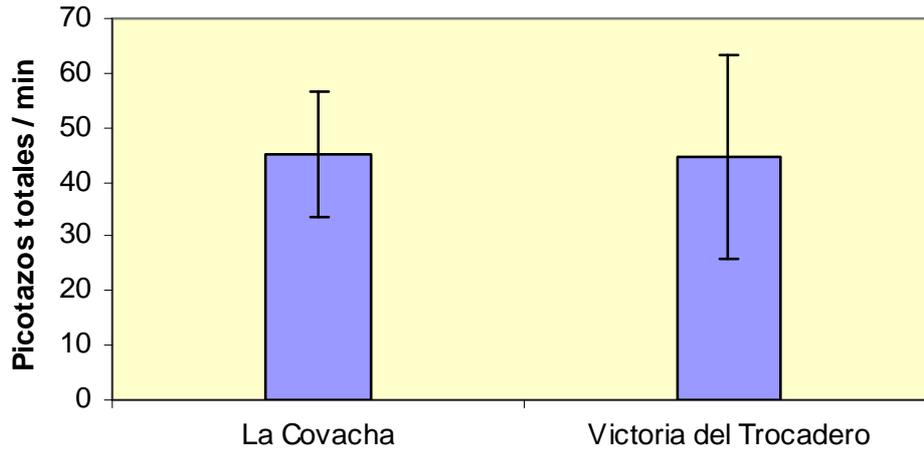
3.2.2. Tasas de ingestión del Correlimos Común (*Calidris alpina*)

A diferencia de la Aguja, los Correlimos Comunes consiguieron más presas por minuto (graf. 91), biomasa por minuto (graf. 92) y energía por minuto (graf. 83) en la salina de Tres Amigos que en la salina La Covacha, siendo estas diferencias significativas en el caso de la biomasa y energía (ver tabla 11).

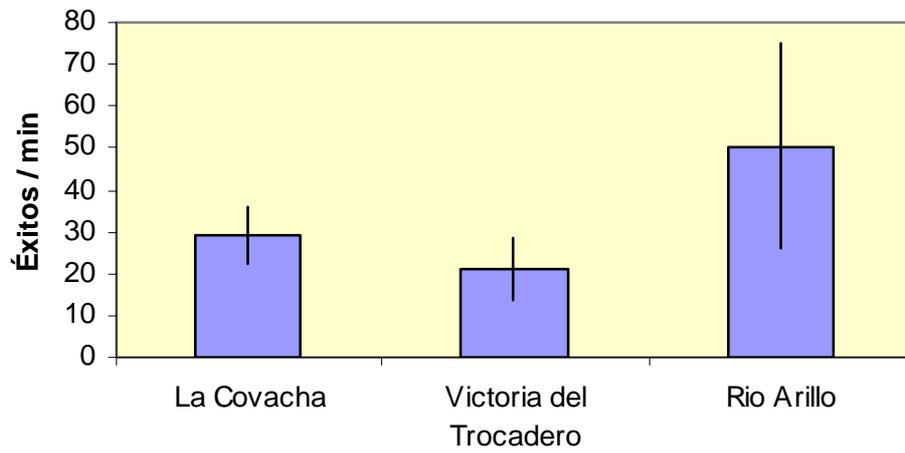
Tabla 11: Análisis del efecto de las diferentes salinas sobre las variables pruebas totales por minuto, éxitos por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto en el Correlimos Común (ANOVA) $\alpha = 0,05$.

	Efecto Salina		
	χ^2	P	g.l.
Pruebas totales / min *	6,64	0,036	2
Éxitos / min	3,98	0,14	2
mg PSLC / min	7,96	0,019	2
kJ / min	7,96	0,019	2

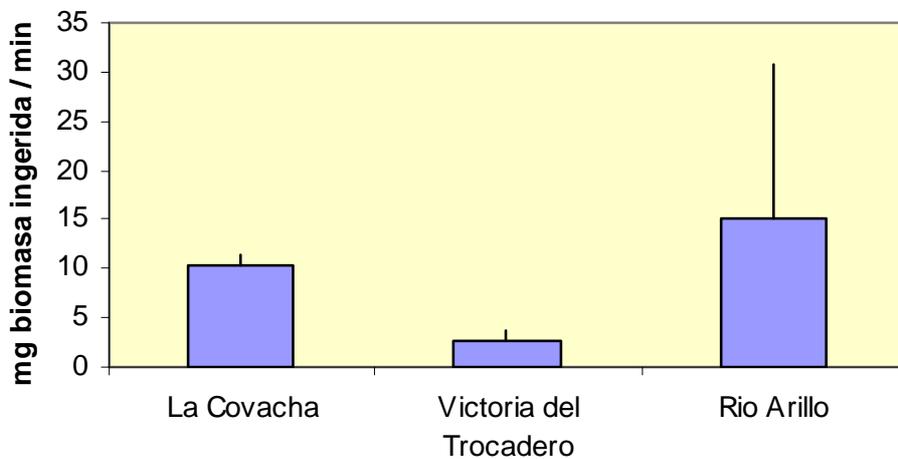
Esto puede ser explicado por dos hechos, por un lado las tasas de encuentro de presas y por tanto de capturas exitosas fue menor en La Covacha que en el Río Arillo. Por otro lado la presa sobre la que estaban depredando los Correlimos Comunes en La Covacha fue la larva de díptero *Chironomus salinarius*, y la *Artemia salina* es la presa más común del Correlimos Común en los evaporadores y cristalizadores de las salinas (Masero 2003), así como en la laguna de Tres Amigos (GCHC 2004a). Sin embargo, la *Artemia salina* no se localiza nunca en los esteros debido a que es rápidamente depredada por la ictiofauna que se encuentra en ellos. El *Chironomus salinarius* (0,00013 mg PSLC/individuo del tamaño medio depredado por los correlimos) aporta proporcionalmente menos biomasa por unidad de tiempo que la *Artemia salina* (0,0003 mg PSLC/individuo), tal y como hemos indicado para lo anteriormente. Respecto a la técnica predominante de captura de presa, ésta fue probar en el fondo, lo cual nos confirma que la presa fue el *Chironomus salinarius*, ya que la *Artemia* se encuentra en la columna de agua.



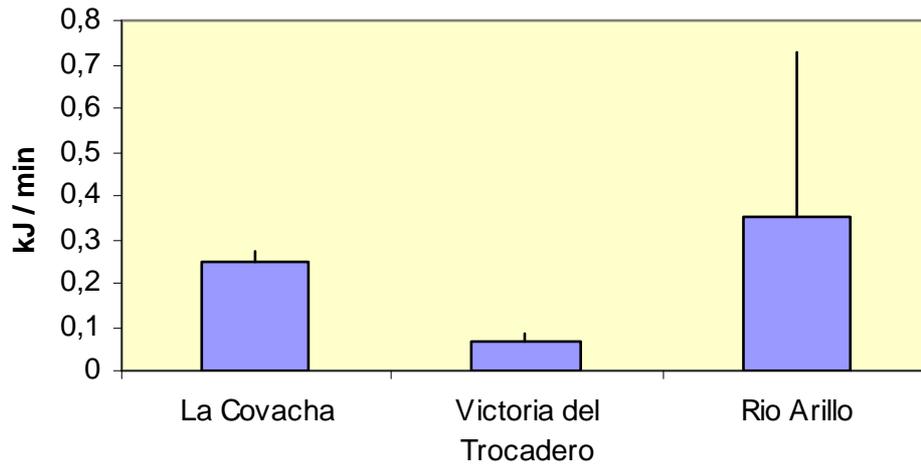
Gráfica 90: Número de pruebas totales por minuto realizadas en las diferentes salinas por el Correlimos Común.



Gráfica 91: Número de presas capturadas con éxito por minuto en las diferentes salinas por el Correlimos Común.



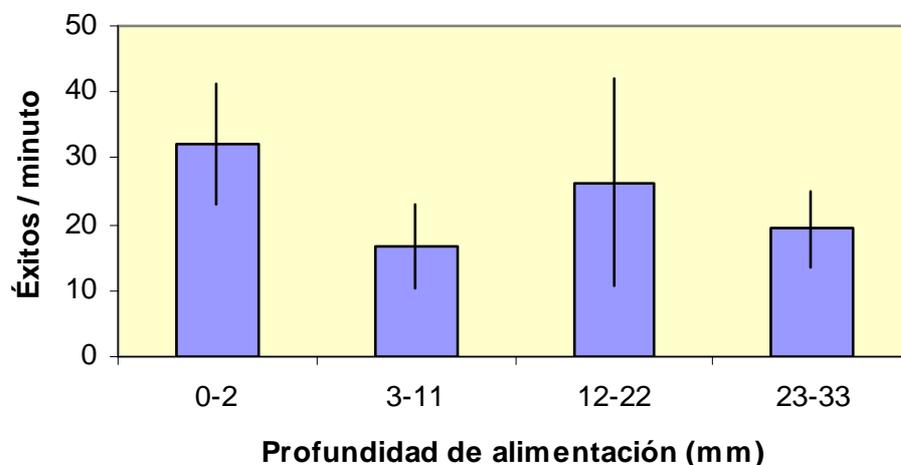
Gráfica 92: Biomasa ingerida por minuto en las diferentes salinas por el Correlimos Común.



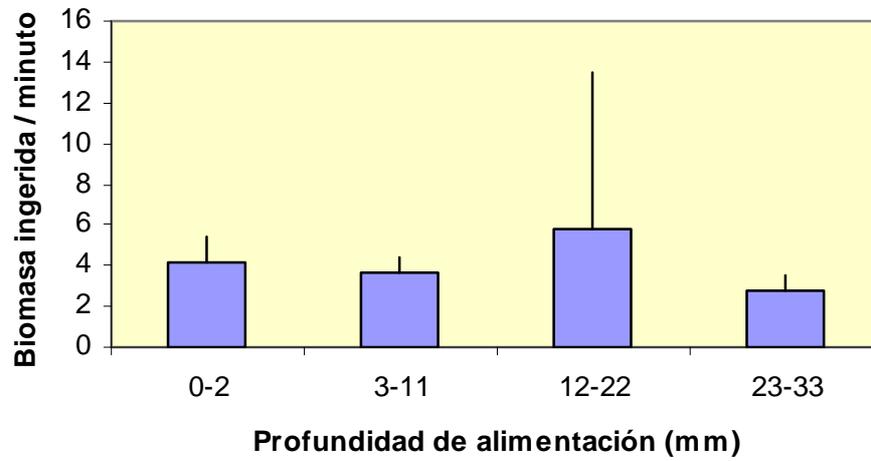
Gráfica 93: Energía ingerida por minuto en las diferentes salinas por el Correlimos Común.

La profundidad de alimentación que más éxitos proporcionó a esta especie con todas las salinas combinadas fue de 0 a 5 mm (graf. 94).

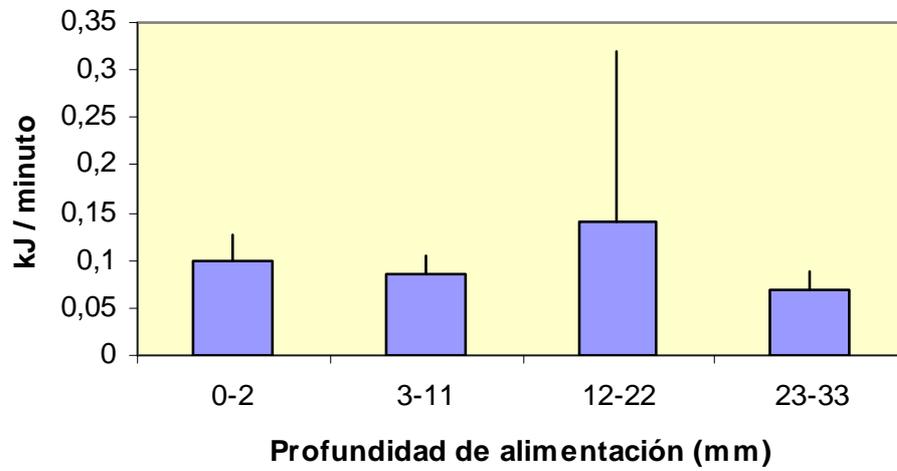
Sin embargo, la que más biomasa y energía por minuto proporcionaron a esta especie se encontró entre los 11 y 22 mm (graf. 85 y 86), con todas las salinas combinadas, siendo esta diferencia significativa entre las diferentes profundidades (ver tabla 12). El motivo que produce que el nivel cero de alimentación no sea donde mayor energía ingieren las aves, se debe a que en esta profundidad (sin agua) las aves no pueden depredar sobre *Artemia sp.*, que se encuentra en la columna de agua. Y como hemos indicado anteriormente, energéticamente la *Artemia sp.* es más rentable que la otra presa, *Chironomus salinarius*, proporciona más energía por unidad de tiempo.



Gráfica 94: Número de presas capturadas con éxito por minuto en las diferentes profundidades por el Correlimos Común con todas las salinas combinadas.

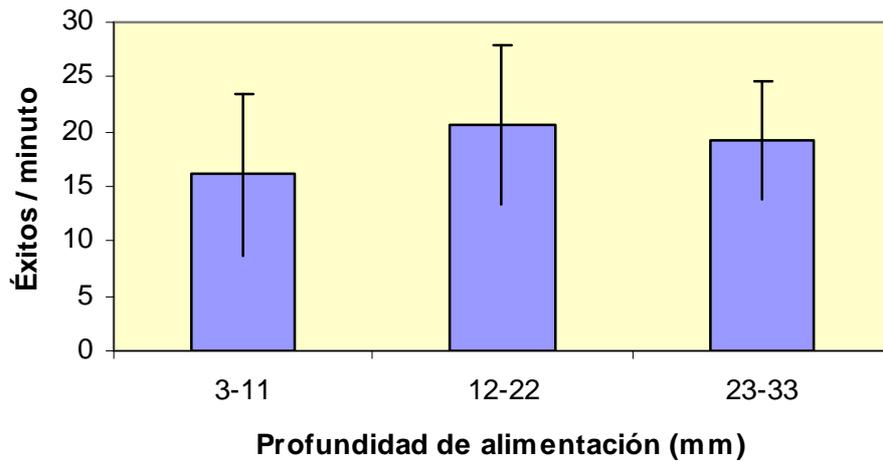


Gráfica 95: Biomasa ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Correlimos Común con todas las salinas combinadas.

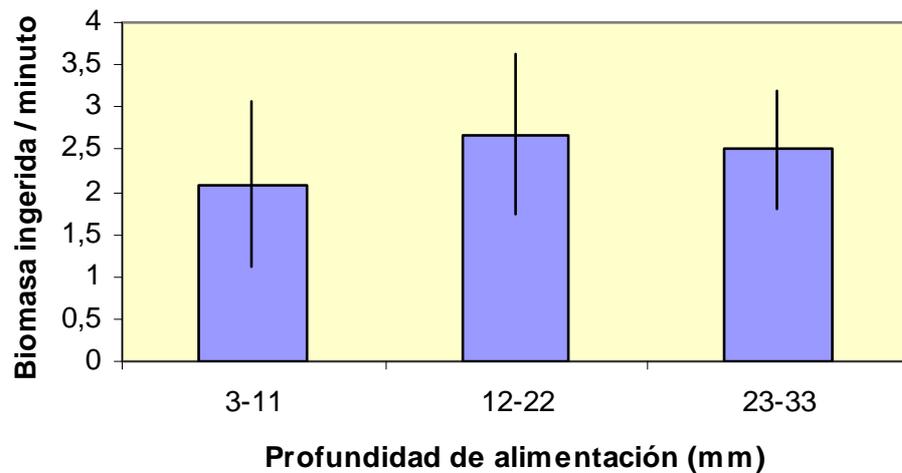


Gráfica 96: Energía ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Correlimos Común con todas las salinas combinadas.

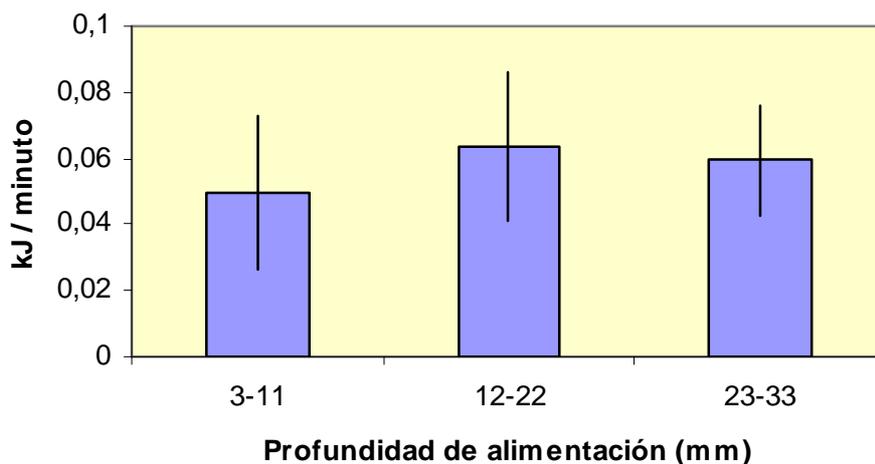
En La Covacha fue la profundidad de alimentación entre 11 y 22 mm la que mayor número de éxitos (graf. 97), biomasa (graf. 98) y energía por minuto (graf. 99) proporcionó a la especie, siendo la diferencia entre las diferentes profundidades significativa (ver tabla 12).



Gráfica 97: Número de presas capturadas con éxito por minuto por el Correlimos Común en las diferentes profundidades de alimentación en la salina La Covacha.



Gráfica 98: Biomasa ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Correlimos Común en la salina La Covacha.



Gráfica 99: Energía ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Correlimos Común en la salina La Covacha.

Tabla 12: Análisis del efecto de la profundidad de alimentación en las variables pruebas totales por minuto, éxitos por minuto, biomasa ingerida por minuto y energía ingerida por minuto en el Correlimos Común en La Covacha y en todas las salinas combinadas. (ANOVA) $\alpha = 0,05$.

	Efecto profundidad de alimentación en todas las salinas			Efecto por profundidad de alimentación en la salina La Covacha		
	χ^2	P	g.l.	χ^2	P	g.l.
Pruebas totales / min *	2,23	0,53	3	1,38	0,7	3
Éxitos / min	11,32	0,01	3	8,57	0,036	3
mg PSLC / min	11,32	0,01	3	8,55	0,036	3
kJ / min	11,32	0,01	3	8,55	0,036	3

Con los datos obtenidos por tanto, podemos indicar que el mejor manejo para potenciar un parche de alimentación sería aquel que estuviera enfocado a producir y mantener *Artemia sp.*, pero que a la vez fuera accesible a los limícolas pequeños. Por ello, habría que mantener estanques a una profundidad de entre 0 y 22 mm como parches de alimentación, pero creando a su vez estanques a modo de reservorios, en los que la profundidad fuera mayor y en los que el manejo se enfocara a mantener y cultivar dicha especie de invertebrado. Además, para maximizar la superficie disponible en

todo momento, el ritmo de vaciado debe ser alternativo, ya que así garantizaríamos el obtener en todo momento invertebrados y zonas disponibles para la alimentación de las aves limícolas. Para las aves de mayor tamaño, como la Aguja Colinegra, que por ejemplo no se alimentan de Artemia, habría a su vez que manejar los estanques de manera que se potenciara el desarrollo del *Chironomus salinarius* que necesita condiciones similares a las Artemias, pero donde la profundidad de los estanques debería ser mayor, entre 40 y 120 mm.

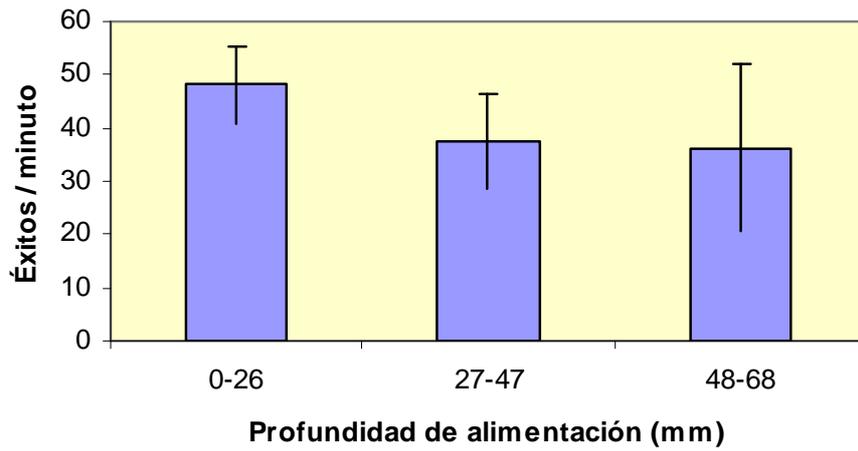
Tabla 13: Análisis por subzonas del número de presas capturadas por minuto, biomasa e ingestión de energía del Correlimos Común en la salina de La Covacha.

Subzona ¹	Exitos m ⁻¹	mg PSLC m ⁻¹	kJ m ⁻¹
Va 1	32.61 ± 8.02	15.33 ± 3.76	0.36 ± 0.08
Va 2	15.29 ± 1.70	1.99 ± 0.22	0.05 ± 0.01
Va 3	23.82 ± 11.51	5.61 ± 7.11	0.13 ± 0.16
Va 4	0	0	0
<i>F</i> _{2,39}	3.321	6.85	6.85
<i>P</i>	0.04	0.002	0.002

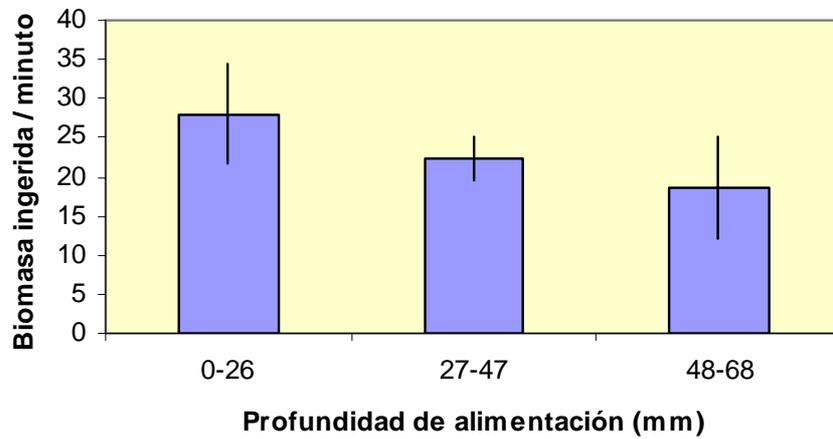
En cuanto a las subzonas, vemos como significativamente ingiere más energía en la zona del antiguo estero, donde la profundidad media ha sido entre 5 y 15 cm. En los cristalizadores y vueltas de periquillo, si bien se ha alimentado en ellos, principalmente explotando las orillas, obtiene una menor cantidad energía por unidad de tiempo.

3.2.3. Tasas de ingestión del Archibebe Común *Tringa totanus*

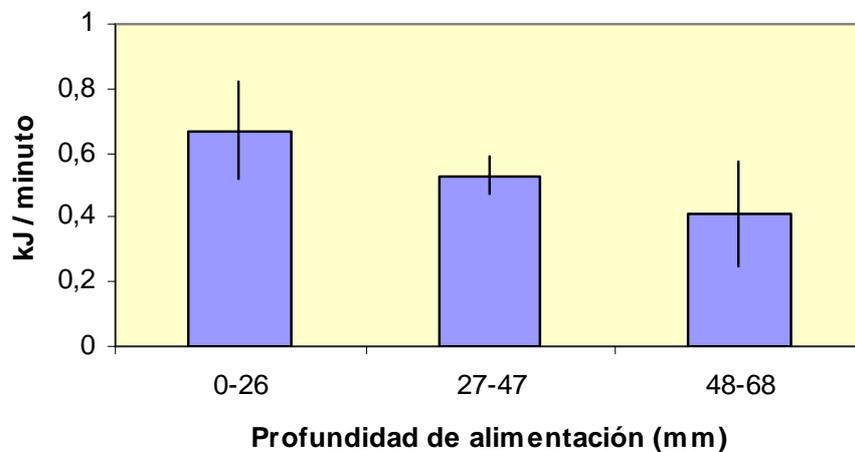
En las gráficas de 100 a 102 se observa que la profundidad de 2 a 27 mm aparece como la profundidad a la que el Archibebe común realiza más picotazos con éxito, y por tanto obtiene una mayor biomasa y energía en esta profundidad de estanque.



Gráfica 100: Número de presas capturadas con éxito por minuto en las diferentes profundidades por el Archibebe Común con todas las salinas combinadas.



Gráfica 101: Biomasa ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Archibebe Común con todas las salinas combinadas.



Gráfica 102: Energía ingerida por minuto en las diferentes profundidades de alimentación por el Archibebe Común con todas las salinas combinadas.

En las salinas de La Tapa, en un estudio llevado a cabo por Masero y Pérez-Hurtado (2001), encontraron una tasa de éxitos y una ingestión de energía ligeramente menores que los encontrados en La Covacha ($47.7 \pm 6.6 \text{ m}^{-1}$ en la Tapa y $48,06 \pm 6,51$ en La Covacha, y 0.40 kJ m^{-1} en La Tapa y $0,53 \pm 0,13 \text{ kJ m}^{-1}$ en La Covacha). Hay que tener en cuenta que la presa que ingerían principalmente en La Tapa fue la *Artemia sp.*, y en La Covacha es el *Chironomus salinarius*.

Tabla 14: Análisis por subzonas del número de presas capturadas por minuto, biomasa e ingestión de energía del Archibebe Común en la salina de La Covacha.

Subzona ¹	Éxitos m^{-1}	mg PSLC m^{-1}	kJ m^{-1}
Va 1	38.43 ± 15.76	23.71 ± 9.17	0.56 ± 0.22
Va 2	42.51 ± 8.17	21.03 ± 4.03	0.50 ± 0.09
Va 3	0	0	0
Va 4	42.51 ± 10.20	22.49 ± 3.28	0.54 ± 0.07
$F_{2,12}$	0.13	0.20	0.20
P	0.87	0.81	0.81

En cuanto al análisis por sub-zonas, se aprecia en la tabla 14 que no existieron diferencias significativas entre las distintas sub-zonas de La Covacha en ninguna de las variables estudiadas, si bien, nunca se le observó alimentándose en una de las partidas de cristalizadores. Nos inclinamos a pensar que esto es debido a que en dicha partida se encuentra el mayor número de flamencos comunes. Esta especie, por su característica alimentación, levanta la capa más superficial del sedimento, creando un aumento de la turbidez en el agua y por tanto dificultando la captura de presas a las especies con técnicas visuales, como es el Archibebe Común, cuando se alimenta en la columna de agua (Glassom y Branco 1997).

3.2.4. Tasas de ingestión del Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula*

En cuanto al Chorlitejo Grande, no se ha visto alimentarse a distintas profundidades, siendo siempre el nivel de agua entre 0 y 3 cm. Esto no quiere decir que no se alimentara en zonas como los cristalizadores e incluso las vueltas de periquillo en que los estanques son más profundos, ya que lo hacía en las orillas.

Tabla 15: Análisis por subzonas del número de presas capturadas por minuto, biomasa e ingestión de energía del Chorlitejo Grande en la salina de La Covacha.

Subzona ¹	Exitos m ⁻¹	mg PSLC m ⁻¹	kJ m ⁻¹
Va 1	33.97 ± 12.55	17.69 ± 6.16	0.42 ± 0.14
Va 2	0	0	0
Va 3	26.15 ± 13.65	12.64 ± 5.92	0.30 ± 0.14
Va 4	30.19 ± 8.15	16.24 ± 4.75	0.39 ± 0.11
<i>F</i> _{2,13}	0.47	0.64	0.64
<i>P</i>	0.64	0.54	0.54

No existieron diferencias significativas en las tasas de ingestión (tabla 15) ni de energía entre las distintas subzonas de La Covacha. El no encontrar Chorlitejos grandes en la zona Va 2 creemos que es debido en este caso a que ésta es la zona con menos orilla de la salina y, como hemos comentado anteriormente, esta especie se ha alimentado en los estanques con profundidad elevada, pero siempre en zonas con orillas amplias.

3.2.5. Tasas de ingestión del Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus*

En cuanto al Chorlitejo Patinegro, éste no se alimentó en todo el periodo de estudio en la salina, salvo en las dos semanas que se realizó un experimento

con los niveles de agua y fueron bajados estos hasta profundidades en que se crearon zonas someras sin detrimento de zonas de mayor profundidad (ver apartado 3.3). Al crearse en dicho experimento zonas despejadas, y encontrar el Chorlitejo Patinegro zonas de alimentación con suficiente visibilidad frente a depredadores, esta especie entró a la salina a alimentarse, si bien de forma suplementaria, es decir, principalmente durante la marea alta, una vez se ha estado alimentado durante la marea baja en los fangos intermareales.

El uso de las zonas supramareales como zonas de alimentación para las aves limícolas ha sido estudiado por Masero (2003), y concretamente para el Chorlitejo Patinegro por Castro (2001). En ambos estudios, llevados a cabo en una salina industrial activa, la salina de La Tapa se apreció idéntico resultado, es decir, que el Chorlitejo Patinegro utiliza las zonas supramareales como zonas de alimentación suplementarias. No obstante, el uso de las zonas supramareales (como las salinas) como zonas de alimentación suplementarias no debe ser minusvalorado ya que gracias a que las especies pueden obtener un aporte extra de energía en ellas frente a los fangos, se aumenta la capacidad de carga del sistema salina-fango intermareal. En el arco mediterráneo en el que la pérdida de hábitats intermareales ha sido muy acusada con más del 75% en las últimas décadas (Sadoul et al.1998.), el papel de las zonas supramareales, como las salinas, se hace más crucial e importante para las aves acuáticas (Masero 2003).

Aunque los datos obtenidos para el Chorlitejo Patinegro han sido escasos, como se ha comentado anteriormente, se ha querido comparar con los obtenidos en una salina activa, para ver si se encuentran dentro del rango de lo esperado. En la tabla 16 se muestran los datos para las dos salinas, y se puede apreciar que incluso en la salina de La Covacha obtiene más biomasa y energía por unidad de tiempo. De ahí que los resultados obtenidos en el apartado de experimentación con los niveles de agua cobra mayor importancia si cabe, ya que esta especie, que es una especie "diana" en este plan de manejo, además de utilizar la zona como área de alimentación cuando al bajar los niveles de agua, obtiene mayor energía por unidad de

tiempo que en otras salinas. Esto indica que la salina La Covacha podría llegar a ser un hábitat óptimo con el manejo adecuado para esta especie catalogada como en peligro de extinción a nivel andaluz (Franco y Rodríguez 2001).

Tabla 16: Análisis del número de presas capturadas por minuto, biomasa e ingestión de energía del Chorlitejo Patinegro en la salina de La Covacha.

	La Covacha n=5	La tapa ¹ n= 125
Exitos m ⁻¹	30.89 ± 7.24	19.7-25.2
mg PSLC m ⁻¹	15.94 ± 4.28	12-21
kJ m ⁻¹	0.38 ± 0.10	0.25-0.45

¹: rango de valores en para el periodo invernal, pre-nupcial y reproductor (Castro 2001).

3.3. Experimento con niveles de agua

Existe abundante bibliografía y planes de manejo en los que se recomiendan los niveles de agua óptimos para poder hacer accesibles las zonas de alimentación a las diferentes especies de aves acuáticas, y en nuestro caso las limícolas (Helmers 1991, 1992, Davis 1994). No obstante, la mayoría de estos estudios están realizados en zonas donde el manejo del agua se lleva a cabo en estanques cerrados, a modo de lagunas y con una salinidad baja, siendo su rango máximo de 35-40 ‰. Muy poca literatura existe sobre el manejo óptimo de sistemas tan dinámicos en cuanto a flujo de agua se refiere como las salinas (activas o transformadas) y con unos gradientes de salinidades tan marcados, llegando a la saturación.

Muy poco se conoce además sobre el ritmo de llenado y vaciado óptimo para las salinas, desde un punto de vista de optimización en cuanto a la ingestión de energía para las aves. Estos ritmos de llenado y vaciado dependen de las características propias de las salinas que se trate ya que la proliferación de invertebrados y su mantenimiento dependen de características propias a la microtopografía del terreno: batimetría, flujo de entrada y de salida, zonas de sombreado/luz, etc.

Otra cuestión que se desconoce también es el umbral de presas mínimas que necesita un estero para que las aves lo utilicen consistentemente como zona de alimentación y en cuanto tiempo se produce el agotamiento de dicho estero.

Por todo ello, se llevó a cabo un experimento en la salina de La Covacha en el que se pretendía:

- Conocer la respuesta de las distintas especies de aves ante la bajada de los niveles de agua de la salina.

- Conocer por cuanto tiempo aporta la salina una densidad de presas suficientes para el mantenimiento de las aves, es decir, cuando ocurre un agotamiento de las presas por la depredación de las limícolas.

Protocolo de experimentación

Semana previa a la bajada de niveles: seguimiento del número y actividad de las aves en las distintas sub-zonas de la salina durante marea baja y marea alta.

Para controlar los niveles de agua en la salina se procedió a colocar 2 balizas de 70 cm de altura en las dos compuertas principales de la salina.

Día de la bajada del nivel: muestreo de invertebrados, para conocer la composición de las presas y su densidad en la salina en el momento "0".

La máxima bajada es cuando la baliza se encuentra descubierta 37,5 cm, (al ser la batimetría muy irregular, ver apartado 3.4) los niveles oscilaron entre 2 y 50 cm, si bien la gran mayoría de la salina se encontraba entre 5 y 10 cm de agua).

Semana posterior a la bajada: seguimiento del número y actividad de las aves en las distintas sub-zonas de la salina durante marea baja y marea alta, hasta que el número de individuos igualase al de la semana previa al experimento.

Día posterior: muestreo de invertebrados para conocer la densidad final.

Las condiciones ambientales durante el tiempo de experimentación se mantuvieron constantes, no existiendo días de levante fuerte ni bajadas o subidas de temperaturas bruscas así como precipitación alguna.

Resultados del experimento

En la tabla 17 aparece la composición de invertebrados que aparecieron en los muestreos. Como se puede apreciar, la diversidad es muy baja, y la única presa potencial que apareció fueron las larvas y ninfas de *Chironomus salinarius* (larvas de mosquitos).

Estas larvas viven ancladas al bentos y emigran por la columna de agua hasta la superficie de la lámina de agua donde terminan la metamorfosis para convertirse en adulto de mosquito. El comportamiento de alimentación observado en las aves alimentándose en la salina corroboró que éstas se estaban alimentando de esta larva. Por tanto, el análisis comparativo se ha realizado con la única presa que aparece, el Quironómido (tabla 18).

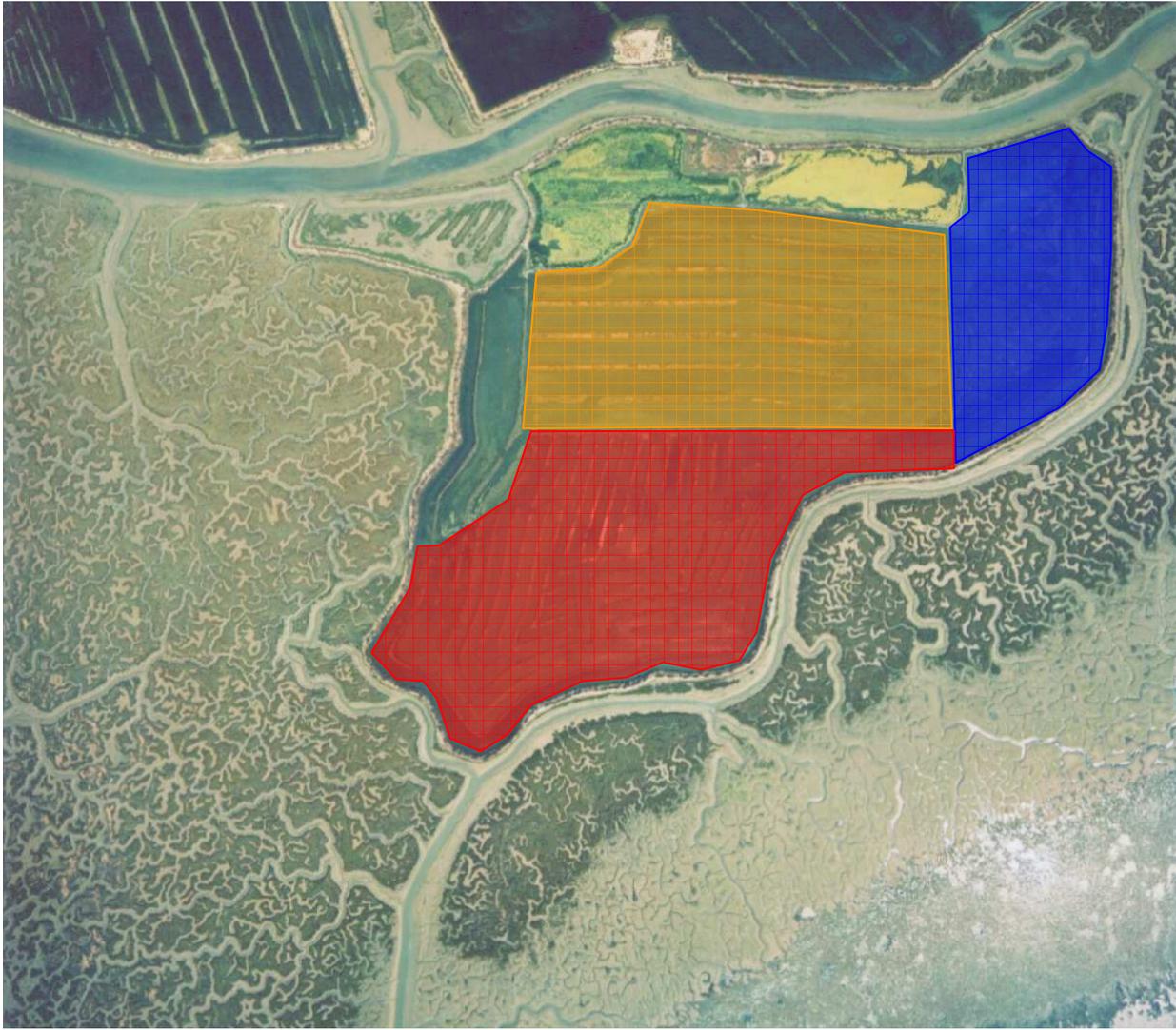
Tabla 17: invertebrados aparecidos en el muestreo realizado en octubre de 2005 en la zona supramareal de la salina de La Covacha.

INVERTEBRADOS
Larvas <i>Chironomus salinarius</i>
Ninfas <i>Chironomus salinarius</i>
Ostrácodos
Foraminíferos
Semillas

En la tabla 18 aparece la comparación en la densidad de Quironómidos aparecidos en los dos muestreos, siendo estas diferencias significativamente distintas (test de la G; $G_2= 2370$, $P<0.001$). Se aprecia en esta tabla cómo baja bruscamente la densidad de presas en una semana, salvo en la zona 3, que es donde se mantuvo el agua a mayor profundidad y no se observó un gran número de aves alimentándose en ella.

Tabla 18: Comparación del número de Quironómidos justo después de la bajada del nivel de agua (muestreo "0") y a la semana.

	<i>Quironomus sp</i> (ind m ⁻²)	
	Muestreo "0"	A la semana
Zona 1	4.680	2.800
Zona 2	10.200	3.280
Zona 3	4.200	5.520
Total Covacha	19.080	11.600



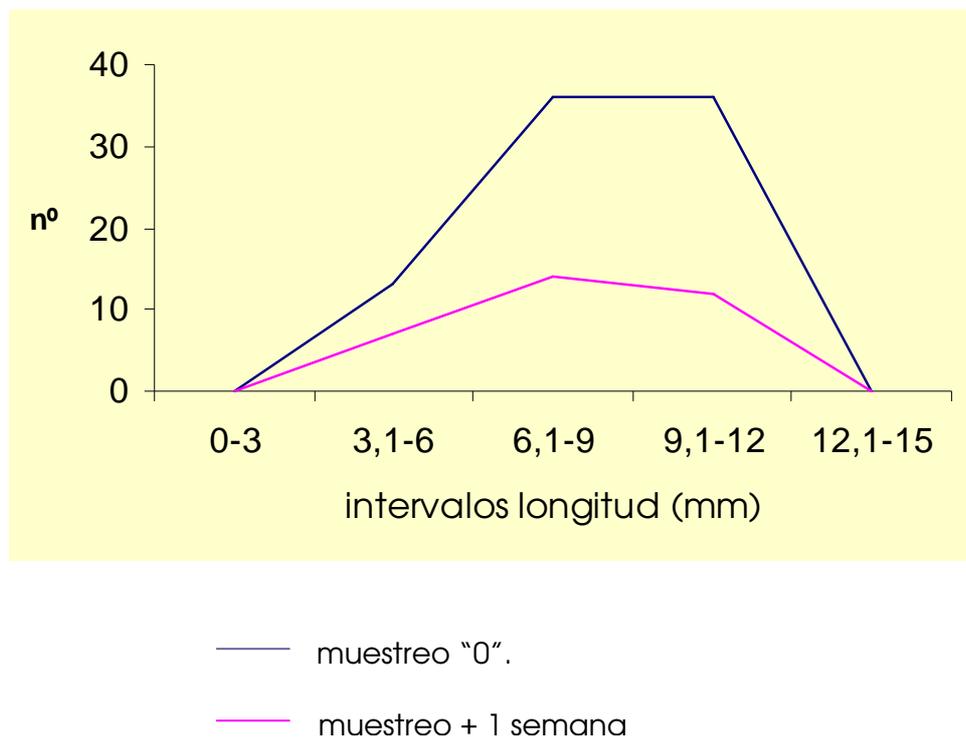
Zona 1: Nivel de agua entre 2-5 cm

Zona 2: Nivel de agua entre 10-20 cm

Zona 3: Nivel de agua entre 30-70

Figura 79: Localización de las diferentes zonas diferenciadas en los muestreos de invertebrados en la salina La Covacha.

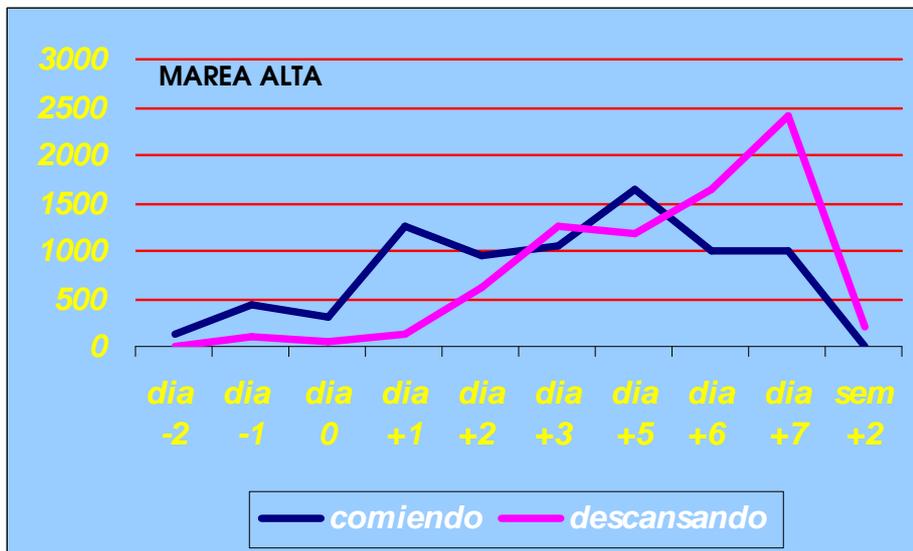
No obstante, no cambió la composición de tamaños de presas, ya que se puede apreciar en la gráfica 103 que se encontraron la misma estructura de tamaños, pero en menor número en el primer muestreo y a la semana de éste.



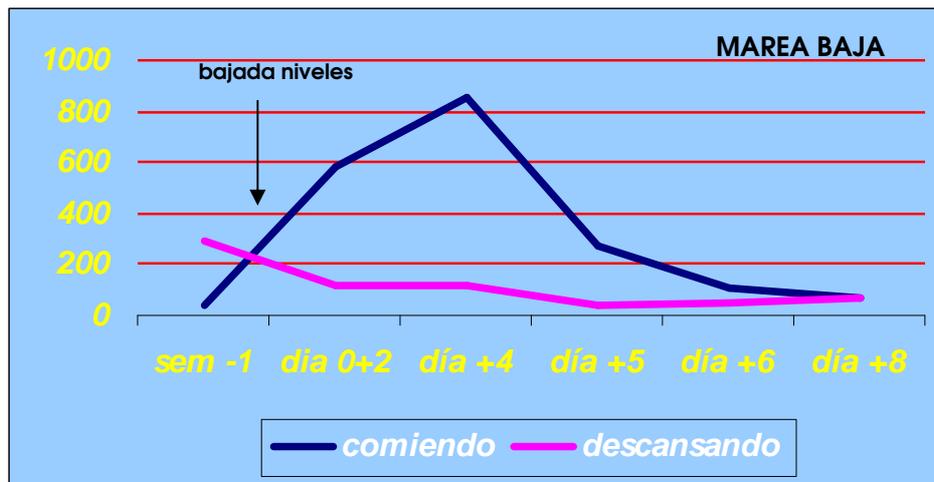
Gráfica 103: Estructura de tamaños de los quironómidos encontrados en los muestreos realizados.

En las gráficas 104 y 105 aparece el comportamiento de las aves ante la bajada de niveles de agua de la salina de La Covacha. La gráfica 105 fue lo que ocurrió durante la semana anterior y posterior a la bajada de los niveles durante la marea baja y en la gráfica 104 se expresa el comportamiento de las aves durante marea alta. La que aporta más significado es la gráfica que representa la actividad de las aves durante la marea baja, ya que durante este periodo están expuestos los fangos intermareales a la vez que está disponible la salina como zona de alimentación. Al bajar los niveles de agua se hace más accesible a todas las especies de aves las zonas de alimentación, ya que estas aves depredan principalmente sobre las presas bentónicas tal y

como se ha indicado anteriormente. Durante marea baja, por tanto, estarán disponibles tanto la salina como los fangos intermareales descubiertos, por ello, si las especies se quedan en la salina frente a los fangos intermareales indica que están seleccionando ésta a la hora de alimentarse, es decir, que les es rentable energéticamente permanecer alimentándose en la salina y no salir a los fangos. La variación del número de aves comiendo en este periodo, por tanto nos arroja mucha información sobre la calidad de la salina como zona de alimentación. En la gráfica 105 vemos como antes de descender los niveles de agua, no hay prácticamente aves alimentándose en la salina. Una vez que se hace accesible gran parte de la salina, en ésta aumenta ampliamente el número de individuos que la seleccionan para alimentarse en marea baja. No es hasta el día 6 después de la bajada de niveles que se vuelve a los números de aves que teníamos antes del experimento, aún estando disponible la salina para las aves, es decir, seguían los mismos niveles de agua que en el día de la bajada, pero las aves dejaron de utilizarla aproximadamente en el sexto día posterior a dicha bajada.



Gráfica 104: Evolución del número y la actividad de las aves en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea alta.



Gráfica 105: Evolución del número y la actividad de las aves en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea baja.

En la gráfica 104 que corresponde al comportamiento de las aves durante la marea alta, después de la bajada de niveles de agua, se aprecia como el efecto es parecido al observado durante marea baja, siendo 6 -7 días los que es utilizada la salina ampliamente.

Por lo tanto, analizando ambas gráficas y con los datos de los dos muestreos llevados a cabo, podemos concluir que los niveles de agua por debajo de 37,5 cm de baliza, deben ser mantenidos como **máximo 10 días**, ya que debido al efecto del descenso de la densidad de presas en la salina, ésta deja de ser rentable energéticamente para las aves y por lo tanto dejan de utilizarla como zona de alimentación.

Es por ello, que el ritmo de llenado-vaciado de la misma debe ser de aproximadamente cada dos meses de llenado, para que se desarrollen los Quironómidos (Arias y Drake 1999) y una semana-diez días de "vaciado", es decir con los niveles hasta el nivel 37,5 de la baliza.

Chorlitejo Patinegro *Charadrius alexandrinus*

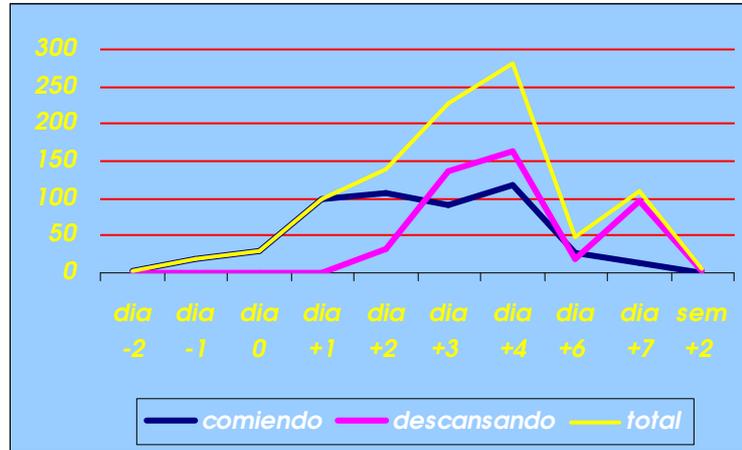
Tanto en marea alta (ver gráfica 106) como en marea baja (ver gráfica 107) desde el día 0, día en el que señalaba la baliza 37,5 cm descubiertos, comenzó a aumentar el número de Chorlitejos patinegros que utilizaron las salinas. También, durante los primeros días de experimentación tanto en marea alta como en baja casi el 100% de los individuos de esta especie se encontraron comiendo en la zona supramareal disponible. Posteriormente esta tendencia se invierte y se localizan más aves descansando que comiendo, ya sea en marea alta o baja, probablemente debido al descenso en la densidad de presas.

Cabe destacar que en el día +3 del experimento más del 81% de los Chorlitejos patinegros que se alimentaron en marea alta en la salina también lo hicieron en marea baja, lo que indica una preferencia clara de la salina como zona de alimentación frente a los fangos intermareales en los primeros días de disponibilidad del nuevo parche.

El vaciado de la salina también tuvo un efecto en el número de aves descansando, tanto en marea alta como en marea baja, aumentando en líneas generales el número de individuos hacia el final del experimento. Esto posiblemente se debió a que quedaron descubiertas zonas extensas de fango en el interior de la salina, despejadas de vegetación, y por tanto haciendo factible la vigilancia antidepredador.

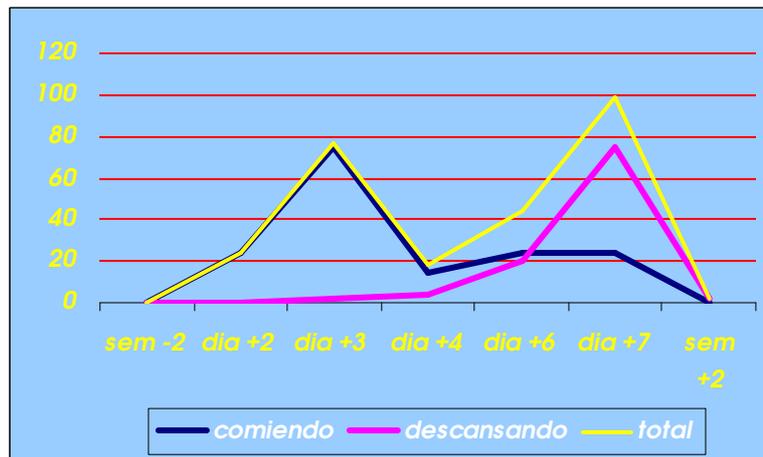
Debido al aumento en el número de aves tanto descansando como alimentándose en el interior de la salina, los números totales de Chorlitejos patinegros contabilizados tanto en marea alta como en baja aumentaron.

Marea alta



Gráfica 106: Evolución del número y la actividad del Chorlitejo Patinegro en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea alta.

Marea baja



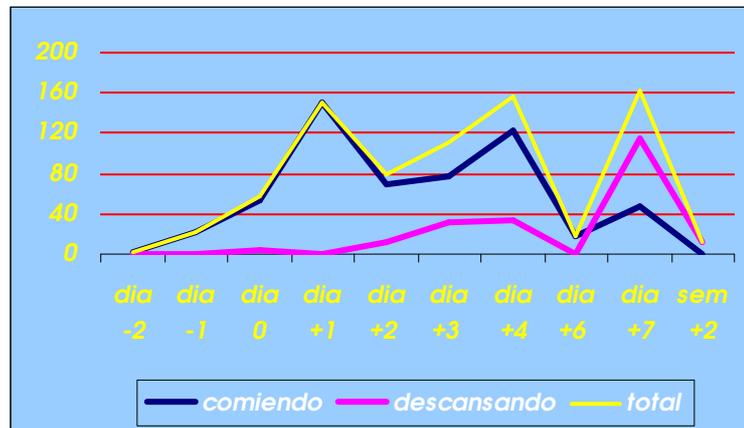
Gráfica 107: Evolución del número y la actividad del Chorlitejo Patinegro en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea baja.

Chorlitejo Grande *Charadrius hiaticula*

El Chorlitejo Grande fue una especie que durante todo el periodo de experimentación utilizó la zona supramareal con los niveles de agua bajos como área de alimentación. Durante todo el experimento tanto en marea alta (graf. 108) como en marea baja (graf. 109) prácticamente el 100% de los individuos de esta especie que se encontraban en la salina estuvieron alimentándose.

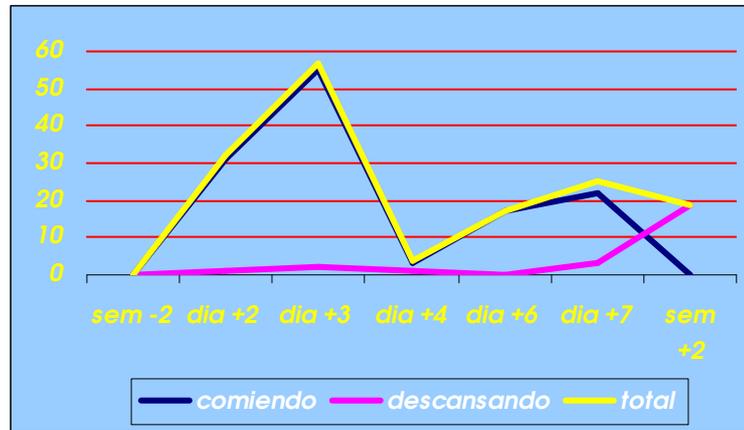
En el día de experimentación +3 más del 70 % de los Chorlitejos Grandes que se alimentaron en marea alta en la salina lo siguieron haciendo en marea baja, indicando por tanto una preferencia por este hábitat supramareal frente a los fangos intermareales durante el periodo de experimentación.

Marea alta



Gráfica 108: Evolución del número y la actividad del Chorlitejo Grande en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea alta.

Marea baja

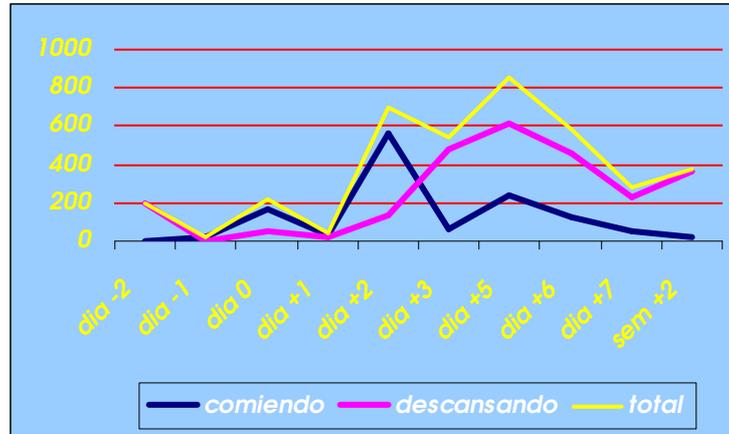


Gráfica 109: Evolución del número y la actividad del Chorlitejo Grande en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea baja.

Aguja Colinegra *Limosa limosa*

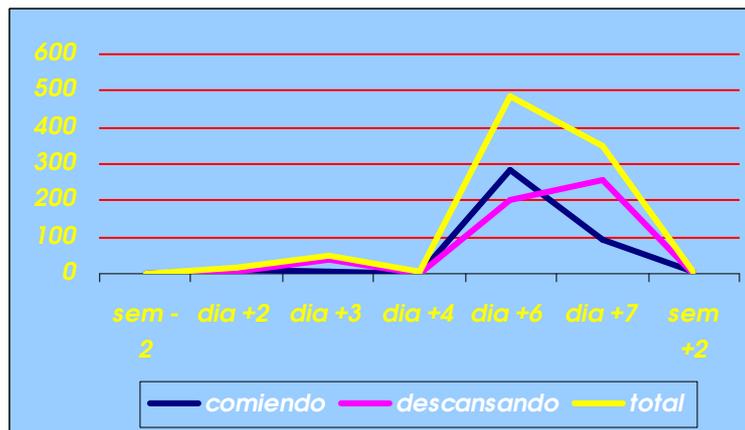
La Aguja Colinegra fue la especie que presentó un patrón más irregular durante el experimento, aunque también fue la especie que mayor presencia tuvo durante los días que se realizó el experimento. Sus efectivos totales aumentaron dentro de la salina hacia el final del experimento, algo que no ocurría en el caso de otras especies. Sin embargo, al menos durante la marea alta (ver gráfica 110), en los primeros días de experimentación el número de Agujas alimentándose en la zona fue mayor que el número de individuos descansando, siguiendo al menos en este caso del mismo patrón que otras aves. Destacar que entraron en la salina hasta 800 Agujas colinegras durante el periodo de experimentación.

Marea alta



Gráfica 110: Evolución del número y la actividad de la Aguja Colinegra en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea alta.

Marea baja



Gráfica 111: Evolución del número y la actividad de la Aguja Colinegra en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea baja.

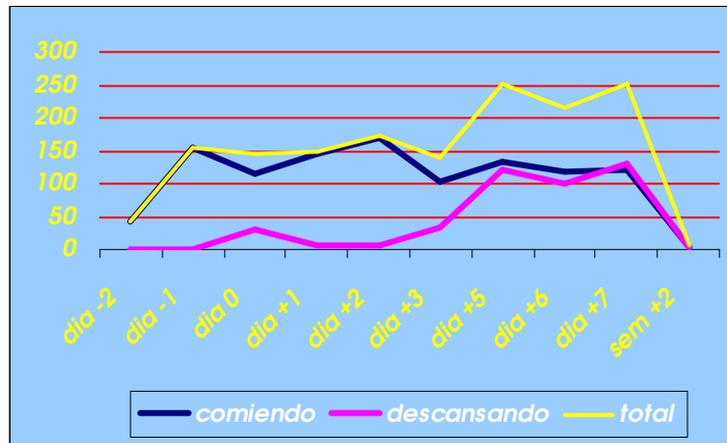
Archibebe Común *Tringa totanus*

Comparando los resultados obtenidos de esta especie y las dos especies de Chorlitejo se observa que la entrada de un número elevado, de Archibebe, tanto en marea alta como en marea baja, se produjo antes que la entrada de las especies de pequeño tamaño. Esto tiene su explicación en la morfología de la especie en cuestión, que presenta una longitud de pata mayor (68 mm) que la de las dos especies de Chorlitejos (30-35 mm).

Como en el caso del Chorlitejo Grande, especie ya comentada, durante prácticamente todo el experimento se encontraron más Archibebe alimentándose que descansando. Al final del experimento el número de aves comiendo y descansando prácticamente se igualó tanto en marea alta (ver gráfica 112) como en marea baja (ver gráfica 113), debido posiblemente al descenso de la densidad de presas.

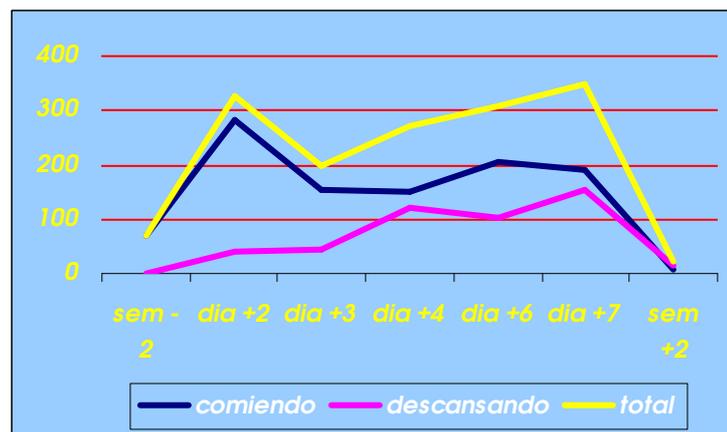
Cabe sin embargo destacar un efecto no observado en otras especies. Durante la mayoría de los días de experimentación, el número de Archibebe censados en marea baja en la zona supramareal fue superior al número de Archibebe censados en marea alta. Es más, el número de aves alimentándose en marea baja fue superior al número de aves comiendo en marea alta. Esto indica que las aves que se hallaban en la salina en marea alta eligieron preferentemente esta para alimentarse en marea baja frente a los fangos intermareales. Es más, los números mayores de esta especie censados en marea baja indican que otras aves de esta especie que no se encontraban en marea alta en la salina La Covacha, se desplazaron a ella para alimentarse preferentemente frente a otras zonas de alimentación durante la marea baja. Como generalmente en marea baja se producía un descenso generalizado en el número de individuos de otras especies en la salina, posiblemente los Archibebe desplazados por densodependencia acudían a la zona de alimentación cuando la densidad de aves disminuía en marea baja (Masero y Pérez-Hurtado 2001).

Marea alta



Gráfica 112: Evolución del número y la actividad del Archibebe Común en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea alta.

Marea baja



Gráfica 113: Evolución del número y la actividad del Archibebe Común en la salina de La Covacha durante la experimentación con los niveles de agua durante el periodo de la marea baja.

En resumen, todas las especies objeto de estudio de este experimento, que incluye a las especies "diana", aumentaron el número de individuos que utilizaron la salina para descansar y especialmente para alimentarse cuando la baliza señalizaba 37,5 cm. Es decir, con el descenso de los niveles de agua se aumenta la capacidad de carga de la salina durante 7-10 días, hasta que la densidad de presas desciende.

Por último señalar que no se observó ningún efecto del experimento sobre el comportamiento de la Espátula, que siguió utilizando la salina como zona de descanso en marea alta, de similar manera que en semanas anteriores y posteriores a dicho experimento.

3.4. Análisis de la batimetría de la zona

Los sistemas estuarinos son muy dinámicos en cuanto a los efectos de sedimentación debido a la erosión eólica y de las mareas. Además, en el P.N. Bahía de Cádiz se producen efectos muy acuciados de sedimentación con el aporte de materia en suspensión que se deposita en las salinas con la entrada de agua en cada marea. Estos procesos de erosión/sedimentación deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar un plan de manejo ya que pueden llevar a la colmatación de canales creados así como a la erosión de islas u otras estructuras de la salina restaurada.

Mediante un análisis batimétrico de la zona, el cual nos informa de los perfiles de profundidad de los distintos estanques podemos evaluar estos efectos con el tiempo. Teniendo de base el análisis batimétrico aportado en este estudio, se pueden evaluar los efectos de sedimentación y/o erosión sobre los distintos tipos de esteros y canales, así como de las islas creadas con el tiempo.

Para realizar este análisis, se utilizó en cada salina una “Estación Total” en el registro de los datos de altura, y posteriormente se aplicaron algoritmos que estimaron la superficie que mejor se ajustaba a las cotas medidas con la estación total. Los métodos de interpolación empleados han sido el “Krigging” y el TIN (Triangulated Irregular Network).

Salina de La Covacha

Para una mayor precisión se ha dividido el estudio de la batimetría de la salina de La Covacha en tres partes (fig. 80, 81 y 82). En la zona del estero situado a la derecha de la casa derrumbada (ver figura 80) se tomaron hasta un total de 40 puntos con la estación total ubicada sobre la casa. Indicar que desde la estación total se domina la práctica totalidad de la superficie del estero. Estos puntos se tomaron en 3 transeptos transversales y paralelos entre sí que cubren la superficie de este estero.

A partir de los datos de cotas obtenidos en los levantamientos y tras las mencionadas interpolaciones, se han realizado las representaciones de la topografía del estero que aparecen en la figura 80. En ésta se pueden observar un análisis del desnivel y un levantamiento en tres dimensiones que muestran claramente las islas o antiguos muros degradados de este estero de la salina de La Covacha.

En la figura 81 se puede observar el estero situado a la izquierda de la casa abandonada. En esta zona se tomaron 80 puntos con la estación total situada, al igual que para el estudio del otro estero, sobre la casa, pudiéndose divisar prácticamente todo el área del estero. Los puntos se tomaron en 3 transeptos transversales y paralelos entre sí cubriéndose casi toda la superficie de la zona.

Se puede distinguir que las zonas más profundas se encuentran situadas en los márgenes del estero (ver figura 81), que son las reminiscencias de la antigua rienda de la salina (o canal perimetral), quedándose la zona central como la zona más somera. Esta franja central cumple un importante papel ya que permite el uso de la zona por parte de las aves de menor tamaño como zona de alimentación.

En el resto de la salina de La Covacha, abarcándose la zona de los cristalizadores, evaporadores y vueltas del periquillo (ver figura 82) se tomaron hasta un total de 280 puntos encontrándose ubicada la estación total sobre la casa, como en los dos análisis batimétricos anteriores. Los puntos se tomaron en 10 transeptos transversales y paralelos entre sí que cubren casi la totalidad de la superficie, concretamente 210 en los cristalizadores y 70 en los evaporadores y vueltas de periquillo.

En la figura 82 se exponen como en las anteriores, un análisis del desnivel y un levantamiento en tres dimensiones que muestran claramente las distintas profundidades que podemos encontrar en estas zonas de la salina.

Salina de El Consulado

Para el seguimiento de la erosión de las islas creadas, se realizó el análisis batimétrico abarcando los cristalizadores de la zona de actuación. Se efectuaron 520 puntos con la estación total situada en un punto sobre las ruinas de antiguos aljibes desde el que se dominaba la práctica totalidad de la superficie de los cristalizadores objetos de estudio. Estos puntos se tomaron en 17 transeptos transversales y paralelos entre sí (fig. 84) cubriéndose prácticamente toda la superficie del área estudiada.

Siguiéndose el mismo procedimiento que en el análisis de la salina de La Covacha, a partir de los datos de cotas obtenidos en los levantamientos y tras las mencionadas interpolaciones, se han realizado una serie de representaciones de la topografía de los cristalizadores. En la figura 84 aparecen un análisis del desnivel y un levantamiento en tres dimensiones que muestran con claridad la altura de los muros y de las islas (estructuras realizadas con las obras) y las distintas profundidades. Este terreno es bastante homogéneo en cuanto a profundidades, sólo existen pequeñas depresiones entre las islas construidas.

Resaltar de nuevo, que estos niveles con el tiempo nos permitirán evaluar el efecto de la erosión y la sedimentación, cuestiones claves a la hora de manejar una salina recuperada.

Ver figuras en el archivo de MAPAS BATIMETRÍA.pdf

3.5. Conclusiones del bloque experimental

Este apartado de conclusiones se refiere a las obtenidas tras el análisis de los datos. Las medidas de manejo a seguir y el plan de seguimiento que se exponen en el siguiente apartado han sido basadas en ellas.

1. El índice de Biodiversidad (H') ha disminuido en el Paraje Natural Isla del Trocadero un 33% en las tres últimas décadas, siendo las especies más dependientes de las salinas activas las que más han acusado este descenso: la Avoceta, la Cigüeñuela, la Aguja Colinegra y el Chorlitejo Patinegro, prácticamente han desaparecido de este paraje y el Archibebe Común y el Chorlitejo Grande han disminuido considerablemente sus efectivos.
2. En la actualidad, el Paraje Natural Isla del Trocadero alberga entre un 10-15% del total de aves no Passeriformes presentes en el Parque Natural Bahía de Cádiz.
3. Aunque la salina de El Consulado registró un mayor número de individuos en términos absolutos y albergó el 70% de los individuos censados en toda la isla, la salina de La Covacha presentó una densidad dos veces más elevada que la salina del Consulado.
4. La zona supramareal de El Consulado es utilizada únicamente como zona de descanso cuando los individuos están forzados a entrar en la salina, con coeficientes de marea mayores a 0.90.
5. El uso de las salinas de la Isla del Trocadero por las principales especies de limícolas fue el siguiente: dos especies obtuvieron parte de sus recursos tróficos principalmente en la salina de La Covacha en los periodos considerados, el Correlimos Común y el Archibebe Común, dos especies la han utilizado durante la migración pre-nupcial principalmente, el Chorlitejo Grande y el Chorlito Gris, una especie que

principalmente la ha utilizado durante el invierno, la Aguja Colinegra y 3 especies que no han utilizado prácticamente las zonas supramareales de la zona de estudio para la alimentación, Chorlitejo Patinegro, Aguja Colipinta y Zarapito Real.

6. En el Parque Natural Bahía de Cádiz se alimentaron un 30% de Espátulas durante las horas de luz y un 70% durante el periodo nocturno. La zona donde se observó un mayor número de Espátulas alimentándose fue el saco interno, aunque se observaron también grupos importantes alimentándose en la salina de Santa María, La Borriquera y Santa Catalina durante la marea alta.
7. La zona intermareal fue seleccionada como zona de descanso por la gran mayoría de las Espátulas del Parque Natural, aunque las salinas de La Covacha fundamentalmente, y La Tapa, Santa María, La Borriquera, Belén de Levante y la Balbanera registraron grupos importantes de Espátulas descansando tanto en marea alta como en marea baja.
8. El análisis comparativo de las tasas de ingestión (biomasa ingerida por unidad de tiempo) obtenidas por el Correlimos Común, Aguja Colinegra, Archibebe Común, Chorlitejo Grande y Chorlitejo Patinegro entre distintas salinas del Parque Natural Bahía de Cádiz demostró que la salina de la Covacha es un hábitat de calidad para la alimentación de los limícolas, una vez se encuentra accesible.
9. La Aguja Colinegra se alimentó en todas las zonas de La Covacha, siendo las subzonas Va2 y Va3 las que más energía aportaron a esta, es decir, los antiguos cristalizadores de la salina.
10. Para la Aguja Colinegra todo parece indicar que un parche de alimentación óptimo para esta especie requeriría de una profundidad de estanque de entre 40 y 80 mm y la combinación de *Cerastoderma sp.* y *Quironomus sp.* como presas principales.

11. El Archibebe Común obtuvo una mayor tasa de ingestión con un nivel de agua de 2 a 27 mm.
12. El análisis comparativo de las tasas de ingestión del Correlimos Común, indica que la presa más óptima para esta especie (y, en general para los limícolas pequeños) fue la *Artemia sp.*
13. Las presas principales de la Espátula común en el Parque Natural Bahía de Cádiz fueron *Fundulus heteroclitus*, camarones *Palaemon sp.* y *Chironomus salinarius*.
14. Todo indica que la Espátula utiliza las zonas supramareales como zonas de alimentación suplementarias, la mayor parte de la energía es obtenida en las zonas intermareales, pero existe un porcentaje de Espátulas que complementan dicha obtención en las zonas supramareales (salinas e instalaciones acuícolas).
15. Los pollos de Espátula Común presentaron niveles mayores de mercurio (Hg) en plumas que los encontrados en otros estudios en aves costeras (Garzas, Gaviotas, Charranes, Cigüeñuelas y Espátula Rosada), con una concentración que podía tener efectos nocivos en su desarrollo.
16. Los niveles de cadmio (Cd) de las espátulas del P.N. Bahía de Cádiz fueron mayores que los encontrados en las Espátulas del P.N. de Doñana (1975-1992).
17. Existió una concentración de plomo (Pb) en las plumas de los pollos que podía tener efectos nocivos en las aves.
18. No existió un efecto claro en cuanto a competencia por el espacio entre la Gaviota Patiamarilla y la Espátula Común, si bien se registraron episodios de perturbación de la primera especie hacia la segunda.

19. El nivel de agua óptimo encontrado para la salina de La Covacha es el nivel que se crea cuando la baliza de señalización está marcando 37.5 cm. Con este nivel se experimentó un aumento del número de individuos de las especies Chorlitejo Patinegro, Chorlitejo Grande, Archibebe Común y Aguja Colinegra que utilizaron la salina La Covacha como zona de alimentación, sin perjuicio de otras especies como la Espátula Común o el Flamenco que utilizan la zona regularmente.