

## Revisión Bibliográfica

### Conocimientos actuales sobre la genética del ñandú (*Rhea americana*) y el choique (*Rhea pennata*)

*Current knowledge about genetics of ñandu (Rhea americana)  
and choique (Rhea pennata). A review*

**Feld<sup>1</sup>, A., Silvestro<sup>1</sup>, C.A., Huguet<sup>1</sup>, M.J., Miquel<sup>1</sup>, M.C.,  
Sarasqueta<sup>2</sup>, D.V. e Iglesias<sup>1,3</sup>, G.M.**

Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche  
Universidad Nacional de Río Negro

- 
1. Introducción
  2. Comportamiento
  3. Historia y situación actual
  4. Cría en cautiverio de los *Rhea*
  5. Información genética actual
  6. Híbridos
  7. Conclusiones
  8. Bibliografía

### Resumen

Los Rheidos son aves de gran tamaño, no voladoras y autóctonas. Existen dos especies principales: el ñandú común y el choique; se adaptan fácilmente a los más variados escenarios agroecológicos y han sido utilizados por el hombre desde su llegada al continente, para obtener productos y subproductos. Son animales gregarios, de hábitos omnívoros. Durante la temporada reproductiva, las hembras se separan en pequeños grupos y los machos se tornan territoriales ya que serán ellos quienes incuben los huevos. En la actualidad son especies amenazadas y existen programas de uso sustentable, con el objeto de conservarlas y criarlas para su comercialización. Se comercializa la carne, las plumas (para adornos y plumeros), aceite (de uso cosmético y farmacéutico), el cuero (para marroquinería) y los huevos. Por este motivo la cría del ñandú debe ser vista en forma de una producción integral. Nuestro grupo de trabajo se propone comenzar a estudiar el genoma de estas especies, basados en genomas de otras conocidas, ya que la información acerca de los Rheidos es sumamente escasa. Se intentará caracterizar algunos genes relacionados con rasgos productivos (marcadores moleculares) y con resistencia genética a enfermedades.

**Palabras clave:** choique, *Rhea pennata*, *Rhea americana*, ratites, genética del ñandú, producción de Ñandú.

Recibido: mayo de 2009

Aceptado: febrero de 2011

1. Área de Genética, Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, Chorroarín 280, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. [alejandra.feld@yahoo.com.ar](mailto:alejandra.feld@yahoo.com.ar)

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Río Negro, Argentina

3. Carrera de Veterinaria, Sede del Valle Medio, Choele-Choel, Universidad Nac. de Río Negro, Río Negro, Argentina

## Summary

Rheas are flightless big birds, they are natural inhabitants of South America, and there are two main species: ñandú (Greater Rhea) and choique (Lesser Rhea). They easily adapt to different agroecological landscapes and the great variety of products that can be obtained from them has been used by natives long before Spaniards came to America. Rheas are gregarious animals and they are omnivorous. During reproductive season, females form little groups and males incubate their own eggs even though they have been laid by different females. Since Rheas belong to the group of threatened species, they were incorporated to "sustainable use" programs which promote their breeding for commercialization in order to preserve them. Captivity breeding is very important due to the meat commercialization. Sub products of economic relevance such as feathers, oil, leather and eggs are also produced. For this reason, breeding these species must be seen as an integral production. Our group of work will start studying these species genome. Since rheas genome information is almost null, the studies will be based on known ones from other species. We will try to characterize some genes and identify molecular markers associated to productive and disease resistance traits.

**Key words:** greater rhea, lesser rhea, *Rhea pennata*, *Rhea Americana*, ratites, ñandu genetics, ñandu production.

## 1. introducción

El ñandú (género *Rhea*) es un ave de gran tamaño, no voladora, del grupo de las aves corredoras conocidas como ratites. Pertenecen a la familia de los Rheidos (Rheidae), existiendo dos especies principales: el suri<sup>1</sup> o ñandú moro común y el choique, siendo el segundo de éstos también conocido como ñandú petiso o ñandú de Darwin (Darwin's Rhea). Son aves autóctonas de Sudamérica. Los pichones son llamados charabones o charitos.

Por convergencia evolutiva su estructura anatómica es semejante a la del avestruz, a la del emú, a la del casuario y a la de algunas especies de la extinta moa. Por esto se trata de un ave corredora, adaptada principalmente a las llanuras y estepas, aunque algunas subespecies se encuentran en zonas de parque cuasi selvático, y otras se encuentran en regiones montañosas o de mesetas. En la actualidad la denominación ñandú engloba a todas las *Rhea*, mientras que la denominación

choique se aplica a la subespecie petisa de la Patagonia y el Comahue (*Pennata*).

La bibliografía hace referencia a cinco subespecies de ñandú común o moro conocidas hasta el momento: 1. *Rhea americana americana* que habita en el norte y este de Brasil, 2. *Rhea americana intermedia* distribuida en el sur de Brasil, Uruguay y norte de Argentina, 3. *Rhea americana albescens* habitante de Argentina (hasta Río Negro), 4. *Rhea americana nobilis* en el este de Paraguay y 5. *Rhea americana araneipes* que se encuentra en el este de Paraguay, Bolivia y sudeste del Brasil. Con respecto al ñandú petiso o choique, las subespecies se dividen en tres, a saber: 1. *Pterocnemia* o *Rhea pennata garleppi* en el sur de Perú, sudoeste de Bolivia y noroeste de Argentina, 2. *Pterocnemia* o *Rhea pennata tarapacensis* habitante del norte de Chile y 3. *Pterocnemia* o *Rhea pennata pennata* en el sur de Chile, centro-oeste y sur de Argentina (Cuadro 1). Al día de

---

1. Hay quienes identifican al ñandú cordillerano (*R.P. tarapacensis* o *garleppi*) como suri (31).

**Cuadro 1:** Ficha taxonómica de ñandú y choique: Pertenecen al reino *Animalia*, subreino *Eumetazoa*, rama *Bilateria*, filo *Chordata*, subfilo *Vertebrata* y superclase *Gnathostomata*. [Elaboración propia a partir de datos aportados por Martella y Navarro (25)].

| Clasificación                | Nombre                                                | Notas                                                   |                                      |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Clase                        | <i>Aves</i>                                           | Vertebrados con plumas                                  |                                      |
| Subclase                     | <i>Neornithes</i>                                     | Aves Verdaderas: Vértabras de la cola fundidas          |                                      |
| Superorden                   | <i>Paleognathae</i>                                   | Rátidas e Inambúes                                      |                                      |
| Orden                        | <i>Struthioniformes</i> (11) o <i>Rheiformes</i> (35) | Rátidas: Ñandúes, Avestruces, Casuarios, Emúes y Kiwis. |                                      |
| Familia                      | <i>Rheidae</i>                                        | Ñandúes                                                 |                                      |
| Género                       | Especie                                               | Subespecie                                              | Notas                                |
| <i>Rhea</i>                  | <i>Americana</i>                                      | <i>Americana</i>                                        | Ñandú moro o común (Greater Rhea)    |
|                              |                                                       | <i>Intermedia</i>                                       |                                      |
|                              |                                                       | <i>Nobilis</i>                                          |                                      |
|                              |                                                       | <i>Araneipes</i>                                        |                                      |
|                              |                                                       | <i>Albescens</i>                                        |                                      |
| <i>Rhea syn. Pterocnemia</i> | <i>Pennata</i>                                        | <i>Pennata</i>                                          | Ñandú petiso o Choique (Lesser Rhea) |
|                              |                                                       | <i>Tarapacensis</i>                                     |                                      |
|                              |                                                       | <i>Garleppi</i>                                         |                                      |

hoy, existen dudas sobre si la subespecie *garleppi* debería ser considerada una especie diferente a *pennata* (10, 25, 35). También existe discrepancia acerca de la posibilidad de que el ñandú común y el choique pertenezcan a géneros, e incluso especies diferentes. Existen pocos estudios llevados a cabo, que fundamenten la correcta división taxonómica de estas poblaciones (ver los capítulos 5 y 6 del presente trabajo).

Si bien son especies habitantes de las estepas y sabanas, se adaptan fácilmente a los más variados escenarios agroecológicos. En el caso de *R. garleppi* y *R. tarapacensis* pueden habitar zonas desérticas de la Puna hasta los 3800-3900 m de altura sobre el nivel del mar (35).

Las aves de la familia *Rheidae* son altas, con medidas de entre los 92 cm y 1,8 m. El peso promedio para los ñandúes comunes es de entre 25 a 35 kg. Los choiques tienen un

peso promedio de 15 a 25 kg (entre los 6 y 12 meses de vida) (2, 10, 24). Ambos tienen una longevidad de unos 15 años, aunque existen datos de que en cautiverio, y mediante un buen manejo, pueden llegar a vivir hasta 30 años (19, 26). Son buenos nadadores y se han observado atravesando ríos en varias ocasiones.

## 2. Comportamiento

Ambas especies son de hábitos omnívoros con predominancia de alimentación herbívora (25). También pueden alimentarse de insectos y otros pequeños invertebrados llegando, incluso a comer anfibios, reptiles y hasta pequeños mamíferos y aves (10). Son naturalmente animales gregarios y suelen vivir en grupos de entre 5 a 30 individuos, compuestos por machos, hembras y crías.

Estos animales llegan a la madurez sexual normalmente entre los 20 y 24 meses de edad, a fines del segundo invierno de vida. Generalmente las actividades reproductivas se inician a mediados de otoño (abril), cuando los machos comienzan a exhibir sus primeras conductas reproductivas, y termina hacia fines de diciembre en la Patagonia Norte; en la Patagonia Sur estas fechas pueden retrasarse (ya que son especies de reproducción estacional). Las cópulas ("pisadas") se producen en julio (36).

Los ñandúes son poligínicos<sup>2</sup>, con una proporción de 2 a 12 hembras por cada macho. Durante el celo, los machos compiten por el harén y los más dominantes desplazan al resto, e impiden su cópula (11). Una vez que se realizó la cópula, el macho deja a las hembras en pequeños grupos cercanos al nido, donde depositarán los huevos. Luego las hembras se alejan, para volver a los días subsiguientes y depositar más huevos, repitiendo este comportamiento durante 7 a 10 días. El macho permanece cerca del nido, y una vez finalizada la postura, las hembras abandonan el nido, se aparean con otro macho y depositan los huevos correspondientes (información que indica que también son poliándricos<sup>3</sup>) (24, 26, 38).

La postura de huevos en el caso del choique se inicia a principios de Agosto y termina a fines del mes de Diciembre en años con clima normal (26, 35). La estación de postura de huevos suele durar en promedio (INTA-Bariloche) 136 días. En el ñandú común se inicia a principios de primavera: fines de Septiembre-principios de Octubre. El peso promedio de los huevos de choique está entre los 620-650 g y su color es verde "manzana" con manchas blancas (36). El color de los

huevos de ñandú moro es amarillo, y pesan alrededor de 591 g (35). Se estiman entre 8 a 12 huevos por hembra por postura (2). Suelen ser ovalados y con el paso del tiempo van cambiando su color hasta tornarse casi blancos, y su textura es porosa. Cada hembra pone huevos con características morfológicas propias. La incubación es efectuada por el padre, y dura 37 a 41 días. Los machos se mantienen junto al nido empollando los huevos, y suelen mostrarse agresivos ante la irrupción de extraños en las cercanías del mismo. El huevo es volteado periódicamente por el macho, para mantener la temperatura lo más homogénea posible y evitar que se produzcan adherencias de las membranas extra embrionarias.

Tanto en estado silvestre como en cautiverio (si se permite la incubación natural), los embriones suelen sincronizar su eclosión emitiendo sonidos. Los pesos registrados al nacimiento en una experiencia en cautiverio, con incubación natural y artificial fueron de 422 g promedio para los choiques (35, 37).

Las crías aprenden a comer imitando a su padre. Mientras lo hacen, el saco vitelino continúa aportándoles los nutrientes necesarios para sobrevivir y algunas inmunoglobulinas. Luego comienza paulatinamente la incorporación de alimento externo, y heces frescas de adultos para incorporar la flora intestinal normal de la especie. Los pichones permanecen junto a su padre hasta los cuatro a seis meses de vida. La adopción de charitos es una acción frecuente en los machos que han tenido con anterioridad experiencias exitosas de incubación, tanto en su vida silvestre como en cautividad (5, 26, 35).

### 3. Historia y situación actual

La cría de ratites como industria se inició hace un siglo y medio (siglo XVIII) en Sudáfrica, con la producción del avestruz (*Struthio camelus*), utilizando sus plumas y sus cueros (25). Según algunos datos, el avestruz ya era conocido por el hombre hace 9000 años atrás, pero no se lo había utilizado con fines muy concretos (6).

<sup>2</sup> Entendemos poliginia, en este caso, al hecho de encontrar un macho con un "harén" de 2 o más hembras (13).

<sup>3</sup> En este caso, la poliandria indicaría la situación donde una misma hembra, copula con más de un compañero sexual del sexo opuesto (13).

En el caso de las ratites sudamericanas, fueron utilizadas por el hombre desde su llegada al continente alrededor del año 12.000 a.C. Durante muchos años, las culturas aborígenes del continente utilizaron los productos obtenidos de estos animales, como la carne, las plumas, los tendones, los huevos, el cuero, las vísceras y la grasa, con fines de subsistencia y criaron estas especies como mascotas. Hacia fines del siglo XIX, los gauchos o criollos comenzaron a organizar cacerías como forma de entretenimiento o para vender las plumas. A raíz de estos eventos, comenzaron a elaborarse las primeras legislaciones con el objetivo de prohibir estas cacerías.

La caza indiscriminada de ñandúes se realizó en Argentina hasta 1975, cuando se sancionó la Ley 20.961, que prohibió por diez años la caza del choique en la Patagonia y la comercialización de sus productos (25). La Ley Nacional 22.421, declara de interés público su protección, conservación, repoblación y aprovechamiento racional (15). El antecedente más importante de la cría de ñandú a nivel productivo se sitúa en los Estados Unidos en los inicios de las décadas de los '80 y '90 (a pesar de no tratarse de animales autóctonos en esa región). Luego comenzó a expandirse hacia Uruguay, Brasil y Argentina (35). La cría comercial en granjas de Sudamérica comenzó luego del auge mundial de esta industria (25).

En junio de 1992, la subespecie *R. a. albescens* fue incluida en el Apéndice II de la C.I.T.E.S. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y *R. pennata* en el Apéndice I (27), exceptuando las poblaciones criadas en granjas habilitadas de la Argentina y Chile, incorporadas en julio de 2000 al Apéndice II (25). La resolución N° 26, firmada por la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el año 1993, establece la creación de un registro nacional de criaderos de fauna silvestre, con requisitos estrictos para dedicarse a la actividad. Los ejemplares, productos y subproductos de las granjas pueden ser comercializados sólo si los animales provienen de una segunda generación criada en cautiverio y si existen planes de manejo que aseguren la supervi-

vencia de las poblaciones silvestres (25, 27).

En las últimas décadas, las poblaciones silvestres de ñandúes y choiques, especies otrora abundantes en nuestra región, comenzaron a disminuir debido a la pérdida de su hábitat, la caza desmedida, la apertura de caminos y la introducción de especies exóticas predatoras o competidoras por el territorio y por la comida. Es por eso que en la década de 1990, se iniciaron estudios e investigaciones orientadas a la conservación de estas especies, como también a la producción en cautiverio de las mismas. En esta premisa se basa hoy en día el uso sustentable, que asegura el abastecimiento a largo plazo de recursos valiosos y posibilita su recuperación de la explotación descontrolada (25).

*Rhea americana* y *pennata* se encuentran actualmente y hace ya varios años, incluidas en el Libro Rojo de la UICN, como especies "casi amenazadas", con una tendencia de sus poblaciones a disminuir (32).

#### 4. Cría en cautiverio de los *Rhea*

Hoy en día existen numerosos criaderos de ambas especies en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay. Los planteles iniciales se generan mediante la compra de animales en un criadero persistente legalmente habilitado (35). La Dirección de Fauna no permite la recolección de huevos ni ejemplares silvestres, salvo excepciones donde las poblaciones corran serios riesgos de desaparecer.

Existen dos esquemas diferentes para la cría de los *Rhea*: la cría intensiva y la semi intensiva o semi extensiva (19, 25, 26). Los establecimientos de cría suelen contar con corrales de reproducción, y en algunos casos se puede realizar una correcta selección genética de reproductores y su descendencia. La diversidad genética es una ventaja para evitar problemas de consanguinidad en el futuro; la desventaja es que en esa diversidad se genera una gran variabilidad fenotípica en cuanto a caracteres de interés productivo (35).

Se detectó que el diámetro del huevo es el carácter más confiable para identificar la hembra de la cual procede, aunque su valor

predictivo decae considerablemente al aumentar el número de hembras involucradas (25). Los porcentajes de fertilidad y nacimiento de las ratites suelen ser mucho más bajos que en la industria avícola tradicional, debido a que los conocimientos sobre eficiencia productiva en las diferentes etapas del ciclo productivo son todavía escasos.

En nuestro país la producción de ñandúes está en pleno crecimiento; se ha constituido una asociación de criadores de ñandúes a nivel nacional, denominada ACRÍÑA, que agrupa a unos treinta productores, y aparte existen otros criaderos no asociados en la Patagonia, Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Córdoba, Salta, Santa Fé y Cuyo.

La cría de *Rhea* en cautiverio es de importancia debido a que no sólo se comercializa la carne sino varios subproductos como cuero (1, 33, 37), plumas (19, 33, 37), aceite (33, 37), hígado, huevos, patas y pestañas (37). Por este motivo la cría del ñandú es en sí misma la cría de una unidad de producción integral (29). Los establecimientos de cría son de ciclo completo, es decir que todas las etapas o fases se cumplen en el mismo establecimiento. La carne del ñandú y del choique es roja, tierna pero fibrosa, con alto contenido de hierro y es saludable por contener menor tenor graso, calórico y colesterol que la carne bovina, porcina y que la de pollo (1, 16, 19, 33, 36).

Actualmente sólo existen dos frigoríficos habilitados por el SENASA para faena de ñandú y choique: "El Fortín", en el partido de Exaltación de la Cruz, Buenos Aires, con autorización a nivel nacional y para exportar a Brasil, y "Francisco Del Sur", en el Parque Industrial de Río Cuarto, Córdoba (habilitado hace varios años, sin existir registros de su baja) (Gladys Bustos, Sector de Coordinación de Aves, Ovoproductos, Productos de la Caza y Especies Menores de la Dirección de Fiscalización de Productos de Origen Animal del SENASA, Comunicación personal, Mayo de 2009). La carencia de sitios habilitados para la faena es una de las limitantes para llevar a cabo esta actividad en nuestro país (1).

En el ámbito doméstico existe una línea de comercialización de estas especies para restaurantes y hotelería internacional. Existe una empresa nacional de curtiembre haciendo pruebas de calidad del cuero para exportar. Con respecto a la obtención de aceite, hay un establecimiento, que junto al INTI, realiza el proceso de obtención del mismo partiendo de la grasa del ñandú (19).

La producción y cría artificial del choique y del ñandú común en Argentina, puede llegar a ser una actividad alternativa basada en el desarrollo sustentable de estas especies al igual que se ha realizado en Sudáfrica con el avestruz o el emú en Australia. De esta manera se aseguraría la disponibilidad de los subproductos y se optimizarían gastos e inversiones con el aprovechamiento de la carne (29).

Argentina es uno de los países de Latinoamérica (además de Brasil y Chile) que realiza y mantiene proyectos de investigación científica basados en estas especies. Los principales centros de investigación son el Centro de Zoología Aplicada de Córdoba y las Estaciones Experimentales del INTA de Balcarce y de Bariloche. También el INTI, como se mencionó con anterioridad, estudia las posibilidades de industrialización de la grasa del animal. (1, 33). Recientemente, la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA también se ha incorporado a los proyectos de investigación de estas especies existentes en el país.

## 5. Información genética actual

Los conocimientos a nivel genético sobre *Rhea americana* y *Rhea pennata* son realmente escasos e insuficientes para lograr un mejoramiento productivo y/o reproductivo a través de este medio. En este apartado, nombraremos y describiremos algunos de los avances realizados en el tema.

El número cromosómico tanto para *R. americana* como para *R. pennata* es de  $2n = 80$ , el cual difiere de publicaciones anteriores (20, 39). Este número contiene 8 pares de macrocromosomas, 31 pares de microcromosomas y un par de cromosomas sexuales. Los

macrocromosomas 1, 2 y 5 son submetacéntricos y el par 3 subacrocentrico. El resto son todos acrocéntricos. En todas las aves, el macho es quien porta el sexo homogamético estructural (ZZ) y la hembra el heterogamético (ZW), opuesto a lo que sucede en los mamíferos. El cariotipo de las ratites es muy similar al resto de las aves con la excepción de los cromosomas sexuales, los cuales no tienen diferencias morfológicas significativas entre sí: el cromosoma Z es levemente más grande que el W (20, 39 y 30). Estos dos cromosomas sufren una "ecualización axial", por medio de acortamientos cromosómicos, razón por la cual adquieren una longitud similar entre sí, que les permite ser diferenciados de los autosomas en estas especies. Asimismo, éstos poseen recombinaciones libres a lo largo del par, a diferencia de las aves clasificadas como *Carinatae* (como las *Galliformes*, *Anseriformes*, *Columbiformes* y *Passeriformes*, que tienen un gran desarrollo de la quilla), que poseen núcleos de recombinación únicos y localizados. Los núcleos de recombinación en el par sexual de *R. americana* comparten el patrón con los autosomas, donde la región centromérica está libre de ellos, lo cual sugiere que el factor determinante sexual estaría localizado en la región de recombinación del cromosoma W (30).

Una actividad de utilidad para la producción de las aves en general es la determinación del sexo al momento del nacimiento o en los primeros meses de vida. Hasta el momento, el sexado de los pichones se realiza mediante la técnica de examen de la cloaca, la cual muchas veces es algo complicada al ser los animales tan pequeños, con el riesgo de desgarrarles la cloaca, y las incomodidades que acarrea para el operario que debe movilizarse y agacharse para realizar la tarea. Existe en la actualidad, la posibilidad de realizar este sexado a través de técnicas de biología molecular. Con una pluma de cada animal como muestra, puede extraerse el ADN, y a través de la técnica de PCR obtener diferente cantidad de fragmentos para cada sexo. De esta manera, al observar el producto de PCR corrido en un gel de agarosa, frente a la luz

ultravioleta, se verán dos fragmentos en el caso de las hembras (ZW) y un solo fragmento para los machos (ZZ). Esta técnica es sencilla, rápida y efectiva, y con una puesta a punto adecuada, sus costos pueden ser totalmente amortizables (34, 36, 27). La extracción de ADN a partir de una pluma es más segura para el operario y también para el animal, debido a que se evita la situación de estrés para este último, generada por la extracción de sangre.

A lo largo del tiempo, la destrucción del hábitat llevó a la fragmentación de las poblaciones naturales de estas especies y hoy existen como metapoblaciones, con limitado flujo genético. Como las poblaciones se volvieron aisladas y de escaso tamaño, se formaron cuellos de botella genéticos que reducen la variabilidad, aumentando el riesgo de extinción (7). Es por esto que la actividad productiva, si se lleva a cabo escrupulosamente, daría posibilidades a las poblaciones silvestres de reconstituir su flujo genético, ya que se les permitiría reproducirse sin cazarlos. Deberían tomarse algunas precauciones en estos casos ya que la liberación de grupos cautivos para incrementar las poblaciones silvestres puede introducir problemas asociados a la cría en cautiverio. Una preocupación particular es la posibilidad de pérdida de la variabilidad genética debido a la endogamia y al efecto de selección de la domesticación durante el cautiverio. Los descendientes de las parejas entre ratites silvestres y cautivos podrían perder la adaptación al ambiente local. Por esto, el manejo de poblaciones en cautiverio debería incluir medidas para evitar la reducción o pérdida del alto valor de conservación, especialmente si las poblaciones naturales de ñandú continúan declinando (27).

Se han realizado análisis filogenéticos relacionados con la geografía y la limitación de especies, utilizando marcadores moleculares del tipo Inter Simple Sequence Repeats (ISSR), a través de amplificaciones por PCR de dos microsatélites con polimorfismo en su longitud. Se llevó a cabo un análisis del nivel de fragmentación del hábitat de ratites en zonas del país donde la presencia del hombre

es muy marcada, sobre todo en zonas de gran actividad agrícola y en zonas erosionadas. Esto llevó a la conclusión de que el nivel de polimorfismo es muy bajo, lo cual puede deberse al cuello de botella mencionado anteriormente. Hay razones para creer que este bajo polimorfismo entre diferentes poblaciones, no se debería a la agricultura, sino a la caza indiscriminada de estas especies llevada a cabo en los últimos años, sumado a la larga vida media que tienen (tardan 18 meses en ingresar a la etapa de reproducción) (3). Por otro lado, las similitudes genéticas entre poblaciones silvestres y cautivas, también pueden deberse al tiempo relativamente corto del establecimiento de las granjas de cría, a la posibilidad de que los grupos de crianza contengan algunos descendientes de poblaciones silvestres de la misma región y a la poca selección artificial realizada hasta el momento (27).

Existen trabajos de investigación que por medio del estudio de microsatélites (6, 31) o mediante el conocimiento del genoma mitocondrial de estas especies (22, 23), comienzan a generar nuevas hipótesis sobre la filogenia de las mismas. La primera de estas técnicas se encuentra con algunas desventajas, como ser la homoplasia entre los diferentes alelos (6, 31). Los análisis filogenéticos realizados en algunos genes de 7 diferentes órdenes aviares, ponen a las *Passeriformes* (patos, gansos, etc.) en el árbol junto con las *Struthioniformes*, incluyéndolas en el superorden *Neognathae*. Dichos hallazgos desafían la idea comúnmente aceptada de que la mayor parte de las divergencias entre las aves basales está entre los superórdenes *Paleognathae* y *Neognathae*. La separación entre aves y reptiles es de 254MY (millones de años), la divergencia entre *Struthioniformes* y *Galliformes* data de 92MY y entre el avestruz y *Rheidae* es de 51MY (23). Existe una hipótesis acerca de que los linajes mayores de las ratites son descendientes de un antecesor no volador ampliamente distribuido en Gondwana; luego con la posterior fragmentación de la tierra, las ratites ancestrales se dividieron en sus respectivos continentes contribuyendo a

su localización actual. Las aves en general, son conocidas por tener una tasa molecular de evolución menor que otros tetrápodos (22).

Finalmente, a las diferencias entre *Carinatae* y *Rhea* en cuanto a la distribución de sus núcleos de recombinación, se suma el hecho de que ambas taxa comparten el mismo tipo de cromosoma Z, pero el W es marcadamente diferente entre éstas. Esta información sugiere una evolución monofilética de todos los cromosomas sexuales de las aves (30).

Debido a la poca información disponible sobre la filogenia y la clasificación taxonómica correcta de estas especies, es que surgen intrigas sobre el nivel de cercanía genética entre *Rhea americana* y *pennata*, hasta el momento consideradas especies diferentes. Taxonómicamente, se considera que un grupo de individuos es de la misma especie cuando poseen características en común, que los hacen semejantes y los distinguen de las demás especies, lo cual se cumple para estos animales tanto morfológica como cromosómicamente (poseen idéntica cantidad de cromosomas, con un alto grado de homología). En el próximo capítulo se aportarán más datos que colaboran con esta hipótesis.

La era genómica comenzó ya hace varios años con el proyecto genoma humano que fue luego extendiéndose a otras especies. En el caso de este género (*Rhea*) existe muy escasa información acerca de su genoma. Se dispone en el GenBank de pocas secuencias de ADN, algunas de citocromo b mitocondrial y de proteínas de unión a la cromatina. (12). Por otra parte diversos loci han sido secuenciados aunque lamentablemente no corresponden a grupos de investigación en la Argentina (21).

En el marco de un proyecto UBACyT, nuestro grupo de trabajo se encuentra realizando el primer acercamiento a la caracterización molecular de estas especies. Para esto se muestrearon animales del programa de cría de ñandúes en cautiverio del INTA Bariloche, derivados de un núcleo formado con huevos de animales silvestres. El gen seleccionado para estudiar fue el de la apolipoproteína tipo II (apo-II), por ser un importante

constituyente del VLDL, molécula encargada del transporte de triglicéridos principalmente en embriones y aves en crecimiento y cuya expresión es inducida por estrógeno. Se logró amplificar por PCR la región en estudio y se clonó para su secuenciación. Las secuencias obtenidas fueron analizadas, comparadas y traducidas, así como también analizadas filogenéticamente para determinar su agrupamiento con respecto a las apo-II de otras aves. El análisis filogenético muestra que choique y ñandú junto al emu forman un grupo bien soportado, tanto en nucleótidos como aminoácidos. Estas son las primeras secuencias de apolipoproteína en estas especies. El estudio de características de interés productivo como ésta y otras en las cuales se encuentra trabajando nuestro equipo son sumamente importantes para el conocimiento de estos animales y poder respaldar una futura mejora genética de la especie (dato no publicado). Investigar los genes relacionados con características de interés productivo, será útil cuando se conozca bien su secuencia y en función de eso se puedan evaluar polimorfismos en dichos genes o la identificación de alelos favorables o desfavorables. Ésta sería una forma de aportar evidencia desde la genética molecular para comenzar con planes de mejoramiento de la especie.

Para realizar mejoramiento genético es fundamental contar con buenas estimaciones fenotípicas de los caracteres de importancia económica. Como la producción de estos animales es relativamente reciente en Argentina, existen muy pocas estimaciones fiables para poder realizar un plan de mejora genética. En los establecimientos de cría de ñandú sería necesario estimar características de importancia productiva y/o reproductiva, como por ejemplo:

- El número de huevos por hembra
- La relación macho-hembra
- La eficiencia reproductiva a través del índice de fertilidad
- El índice de postura individual
- El porcentaje de incubabilidad
- La tasa de crecimiento

- El rendimiento de la carne
- La eficiencia de conversión alimenticia, como así también
- Aquellas características que puedan influir negativamente en la producción, tomando como referencia otras especies similares y mejor estudiadas como el avestruz (4).

Existe una limitante al considerar estas características productivas que permitan establecer registros genealógicos por el hecho de que el macho incubaba huevos de diversas hembras en un mismo nido, con lo que la identificación de los charitos con respecto a su madre es incierta. Se está desarrollando una técnica por medio de la comparación de microsatélites que podría utilizarse para la identificación de maternidad y paternidad (39).

## 6. Híbridos

Existen datos actuales acerca de la cruce de estas dos especies. Se encuentran registros de varios establecimientos donde estas cruces ocurrieron accidentalmente y otros establecimientos donde la cruce fue intencional, con el propósito de investigar una posible mejora a nivel productivo.

En la EEA INTA Bariloche, Daniel Saragüeta realiza desde el año 1997 estas cruces y otras con el objetivo de experimentar y determinar si el vigor híbrido se podría manifestar en algún carácter útil. Entre esas posibilidades se consideran ganancia de peso, peso corporal, número de huevos producidos, precocidad y comportamiento. Cuando se cruzan machos de *Rhea americana* con hembras de *Rhea pennata*, la F1 obtenida es homogénea morfológicamente, similar al ñandú común y da la apariencia de poseer mayor abundancia y densidad de plumas en todo el cuerpo (con huevos similares al del ñandú moro). Comportamentalmente también demuestran características normales para ambas especies, y al intentar la cruce entre éstos, resultan tener una fertilidad normal. Las ocasiones en que se intentó realizar la cruce inversa (macho *R. pennata* con hembra *R. americana*) no se observaron apareamientos

ni comportamientos de cortejo por parte del macho. Cuando se realiza la cruce de los F1 entre sí, se obtiene una F2 que no alcanza casi nunca la madurez sexual (los individuos mueren antes de los 3 años), y entre los que superan esa edad, no se han observado comportamientos de cortejo. Algunos de los potenciales rasgos que se observan en la F1 son: significativa docilidad y pesos corporales de alrededor de 30 kg (valor superior al peso de su progenitores) (35).

En otra experiencia, en un establecimiento de investigación (EICAS, Mendoza), accidentalmente copuló una hembra de *R. pennata* con machos de *R. americana*. En este caso, a diferencia del citado anteriormente, los huevos observados tenían una apariencia similar a los de choique. Se realizaron estudios de ADN en los charabones nacidos, comprobando la posibilidad de una cruce viable entre estas dos especies. Los híbridos mostraron caracteres morfológicos de ambas especies, y también eran algo más grandes que sus progenitores (probablemente debido al vigor híbrido). Este estudio demostró que estas dos especies son filogenéticamente muy cercanas, y que no corresponde ubicar a *pennata* en el género *Pterocnemia* sino junto con *americana*, dentro del género *Rhea* (12).

Estas investigaciones dejan muchas preguntas abiertas: ¿Se puede denominar híbridos a los individuos de la F1 si son fértiles?, ¿son especies diferentes si tienen el mismo número cromosómico y engendran una descendencia fértil cuando se los cruza?, ¿por qué la F1 es fértil pero la F2 no lo es?, ¿se puede lograr algún tipo de mejora productiva a través de estos cruzamientos?, ¿por qué se logran cruces entre machos *R. americana* y hembras *R. pennata* pero no se logran las cruces recíprocas? Son preguntas que deberán ser respondidas por medio de más estudios y mayor profundidad en los mismos, combinando distintas disciplinas.

## 7. Conclusiones

Los ñandúes y los choiques han demostrado ser especies que brindan productos y subproductos con características sumamente beneficiosas para el uso y consumo humano. Por lo tanto se esperaría que su producción se incrementase en los próximos años. Sin embargo, las grandes caídas económicas del país en los últimos años, han llevado a que su producción sufriera una depresión. Esto sumado a los pocos datos a nivel genético y productivo que se tiene de estas especies, disminuye aún más el interés de algunos sectores hacia éstos.

Son especies que han visto diezmar sus poblaciones en los últimos años, y un desarrollo productivo de la misma podría colaborar para salvar sus poblaciones libres. Su ventaja es que son especies autóctonas, las cuales si se crían en sus áreas de desarrollo, no presentarán problemas de mala nutrición, enfermedades exóticas o problemas de salud debido al cambio de condiciones climáticas.

A lo largo del presente trabajo, se descubre también que la información filogenética de estas especies es muy escasa, generando la duda de si se tratan de especies diferentes o no, más allá de las clasificaciones taxonómicas actuales, haciendo necesario un estudio sistemático más profundo sobre las mismas.

Queda mucho por investigar en este ámbito y mucho por mejorar para lograr una producción óptima deseable.

Nuestro grupo de trabajo entonces, se propone estudiar el genoma de estas especies debido a que la información disponible a este nivel es sumamente escasa y se reduce a los estudios filogenéticos realizados. Nuestro propósito es caracterizar algunos genes relacionados con rasgos productivos (marcadores moleculares) y con resistencia genética a enfermedades, utilizando la información disponible del genoma *Gallus gallus* (ya completo) y de los datos parciales previamen-

te descriptos en el avestruz. Por otra parte, nuestro objetivo es tratar de implementar una forma eficiente de hacer selección y por lo tanto, progreso genético en caracteres de importancia económica. Para ello será necesario contar con la colaboración de los productores para obtener estimaciones fenotípicas de las características de interés. Por otra parte, teniendo en cuenta que estas especies presentan dificultad en la obtención de datos genealógicos, la genética molecular podrá asistirnos en la tarea de elaborar un plan de mejoramiento genético eficiente.

## 8. Bibliografía

1. Acerbi, M. 2005. El ñandú, hoy y aquí. Dirección de Industria Alimentaria, SAGPyA. Disponible en NK"[http://www.produccionanimal.com.ar/](http://www.produccionanimal.com.ar/www.produccion-animal.com.ar)"[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
2. ACRINA. 2009. Generalidades del Ñandú. Página oficial de ACRINA (online), Bs. As., Argentina, [www.acrina.com.ar](http://www.acrina.com.ar).
3. Alonso Roldán, V., Rossi Fraire, H., Navarro, J.L., Gardenal, C.N. and Martella, M.B. 2009. Genetic structure of Greater Rhea (*Rhea americana*) populations in two regions with different land-uses in central Argentina. *Emu*. 109: 214–221
4. AUCRIÑA. Manejo de reproductores. In: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). Consultado en mayo de 2009.
5. Barri, F.R., Navarro, J.L., Maceira, N.O. and Martella, M.B. 2005. Rearing Greater Rhea (*Rhea americana*) chicks: is adoption more effective than the artificial intensive system? *British Poultry Science* 46: 22-25.
6. Bello Pigem, N. 2001. Desarrollo de marcadores moleculares en el avestruz (*Struthio camelus*). Tesis doctoral. Bellaterra, Barcelona, Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona. 97 p.
7. Bouzat, J.L. 2001. The population genetic structure of the Greater Rhea (*Rhea americana*) in an agricultural landscape. *Biological Conservation*. 99: 277-284.
8. Chang Reissig, E., Martella, M.B., Navarro, J.L. y Robles, C.A. 2001. Aspectos sanitarios de la cría del choique (*Pterocnemia pennata*) en granjas de la Patagonia argentina. EEA INTA Bariloche. Pp 1-5. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
9. Chang Reissig, E., Olaechea, F. and Robles, C.A. 2001. Parasitological findings of lesser rhea, *Pterocnemia pennata* (D'ORBIGNY) in faeces from northern Patagonian, Argentina. *Archivos de medicina veterinaria*. 33 (2): 247-251.
10. Cholewiak, D. 2003. *Rheidae* (On-line). Animal Diversity Web. Consultada en marzo de 2009 en <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Rheidae.html>.
11. Del Hoyo, J., Elliot, A. and Sargatal, J. 1992. Order *Struthioniformes*, Handbook of the Birds of the World, Barcelona, Lynx Edicions, vol 1, pp. 76-89.
12. Desluc, F., Superina, M., Ferraris, G., Tilak, M.K. and Douzery, E.J.P. 2006. Molecular evidence for hybridisation between the two living species of South American ratites: potential conservation implications. *Short Communication. Conserv. Genet.* 8 (2): 503- 507.
13. Diccionario de la Real Academia Española, versión online. 2001. Vigésima segunda Ed.
14. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Centro de Zoología Aplicada. Universidad Nacional de Córdoba (UCZA-UNC). 2002. Preparación de las pieles de ñandú e instrucciones para un correcto cuereado. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
15. Flora y Fauna, Marco Legal. Jefatura de Gabinete de Ministros. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Argentina. Consultada en mayo de 2009. Disponible online: [http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/fauna\\_fauna/menu\\_fauna\\_fauna.asp](http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/fauna_fauna/menu_fauna_fauna.asp).
16. Garriz, C.A., Delarada, S., Gauna, C., Urioste, M., Isequilla, J. y Albera, H. 2004. Ñandúes argentinos (*rhea americana*). III - Peso, composición y rendimiento de cortes comerciales. In: Primer Congreso Latinoamericano de Rheacultura. INTA. Buenos Aires. Argentina. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
17. Garriz, C.A., Sarasqueta, D.V., Maceira, N. y Campanella, M. 2004. Ñandúes argentinos: manejo antes del sacrificio; 1.- Estrés. In: Congreso virtual <http://www.congresosvirtuales.net>. Noviembre 2003 - marzo 2004.
18. Gornitzky, C. 2004. Ñandú: mucho más que plumas. *Revista Supercampo*. Bs. As. Número de enero 2004. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
19. Gornitzky, C., 2005. El año del ñandú (online). Monografía. Consultada en mayo de 2009. disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).

20. Gunski, R.J., Giannoni, M. L. 1998. Nucleolar organizer regions and a new chromosome number for *Rhea americana* (Aves: Rheiformes). Genet. Mol. Biol. [online] 21 (2): 207-210.
21. Hacket, S.J., Kimball, R.T., Reddy, S., Bowie, R.C.K., Braun, E.L., Braun, M.J., Chojnowski, J.L., Cox, W.A., Han, K.L., Harshman, J., Huddleston, C.J., Marks, B.D., Miglia, K.J., Moore, W.S., Shledon, F.H., Steadman, D.W., Witt, C.C., Yuri, T. 2008. A Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History Science 320(5884): 1763-1768.
22. Haddrath, O., Baker, A.J. 2001. Complete mitochondrial DNA genome sequences of extant birds: ratite phylogenetics and the vicariance biogeography hypothesis. The Royal Society 268: 939-945.
23. Härlid, A., Janke, A., Arnason, U. 1998. The complete mitochondrial genome of *Rhea Americana* and early avian divergences. Journal of Molecular Evolution 46: 669-679.
24. Ivory, A. 1999. *Pterocnemia pennata* (On-line). Animal Diversity Web. Consultada en marzo de 2009 en [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Pterocnemia\\_pennata.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Pterocnemia_pennata.html).
25. Martella, M.B. y Navarro, J.L. 2006. Proyecto Ñandú, manejo de *Rhea Americana* y *Rhea Pennata* en Argentina. 39-50. In: Bolkovic, M.L. y D. Ramadori (eds.). "Manejo de Fauna Silvestre en la Argentina. Programas de uso sustentable". Dirección de Fauna Silvestre, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires. 168 pp.
26. Navarro, J.L. and Martella, M.B., 2002. Reproductivity and raising of Greater Rhea (*Rhea americana*) and Lesser Rhea (*Pterocnemia pennata*) – a review. Archiv für Geflügelkunde 66 (3): 124-132.
27. Navarro, J.L. and Martella, M.B. 2008. The relevance of captive breeding to conservation of native ratites in Argentina: an overview. Australian Journal of Experimental Agriculture 48: 1302-1307.
28. Pereira Soares, M., Silva da Silva, S., Quintana Nizoli, L., Rodrigues Felix, S. and Schild, A.L. 2007. Chronic fasciolosis in farmed and wild greater rheas (*Rhea americana*). Short Communication. Veterinary Parasitology 145: 168-171.
29. Picallo, A.B., Garriz, C.A., Gállinger, M.M. y Zamorano, J.M. 2004. Calidad de carne de ñandú. Revista Cárnica de la Industria Latinoamericana. Bs.As. Argentina. Editorial Publitec. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
30. Pigozzi, M.I. and Solari, A.J. 1997. Extreme axial equalization and wide distribution of recombination nodules in the primitive ZW pair of *Rhea americana* (Aves, Ratitae). Chromosome Research 5: 421-428.
31. Primmer, C.R. and Ellegren, H. 1998. Patterns of molecular evolution in avian microsatellites. Mol. Biol. Evol. 15(8): 997-1008.
32. Red List of Threatened Species. 2008. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Online: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
33. Rossi Fraire, D.H. 2006. El ñandú: una producción alternativa; la demanda en el mercado es muy superior a la oferta. Newsletter del MaGEA. Disponible [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
34. Rossi Fraire, H.J. and, Martella, M.B. 2006. DNA test to sex the lesser rhea (*Rhea pennata pennata*). Short Communication. British Poultry Science 47(3): 375-377.
35. Sarasqueta, D.V. 2004. Cría Experimental de Ñandúes en Cautividad (*Rhea pennata*). Pp 147-171. In: Cría en cautividad de fauna chilena. Charif Tala, Benito González, Beatriz Zapata, Gonzalo González ED. Agustín Iriarte. Libro de ponencias del Seminario Internacional sobre Cría en Cautividad de Fauna Chilena, realizado en Santiago de Chile en noviembre de 2001.
36. Sarasqueta, D. 2005. Cría, reproducción y manejo en cautiverio del ñandú (online), INTA Bariloche, Área de Recursos Naturales, Fauna, Río Negro, Argentina. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
37. Scataglin, A. 2006. Crianza de ñandú, avestruz y choique; explotación, comercialización. Super Campo. 3 (35). Disponible online en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
38. Schommer, M. 1999. *Rhea americana* (On-line). Animal Diversity Web. Consultada en marzo de 2009 en [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Rhea\\_americana.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Rhea_americana.html).
39. Yamada, K., Nishida-Umehara, C. and Matsuda, Y. 2002 Characterization and chromosomal distribution of novel satellite DNA sequences of the lesser rhea (*Pterocnemia pennata*) and the greater rhea (*Rhea americana*). Chromosome Research 10: 513-523.