

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

"Science, like art, religion, commerce, warfare, and even sleep, is based on presuppositions. It differs, however, from most other branches of human activity in that not only are the pathways of scientific thought determined by the presuppositions of the scientists but their goals are the testing and revision of old presuppositions and the creation of new..."

Gregory Bateson

[Mind and Nature: A Necessary Unity. 1979: 25]

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen los principales conceptos teóricos que sustentan a este trabajo de tesis doctoral. En primer término se abordan los lineamientos generales de la ecología del comportamiento humano (ECH), Teoría del Forrajeamiento Óptimo y los modelos de amplitud de dieta y elección de parches. Posteriormente se desarrollan los conceptos de ambientes marginales, riesgo e incertidumbre, modelos biogeográficos y procesos de intensificación de los recursos. Finalmente, se definen los términos de uniformitarismo, actualismo y equifinalidad en el contexto de la Zooarqueología como disciplina científica; y en forma sintética se describen aspectos generales sobre tafonomía de microvertebrados (el cual será tratado en detalle en el Capítulo 4).

2.1. Ecología humana

La ECH tiene su origen en la teoría evolutiva darwiniana (Mac Arthur y Pianka, 1966; Bettinger, 1991a; Kelly, 1995; entre otros). La ECH busca estudiar la variabilidad del comportamiento humano a lo largo del tiempo y como respuesta a las variaciones ambientales, donde los cambios culturales se definen como formas de adaptación fenotípica a condiciones sociales y ecológicas variables, presumiendo que la selección natural ha diseñado a los organismos para responder a las condiciones locales aumentando su adaptabilidad (Boone y Smith, 1998). Para la biología evolutiva, la conducta humana es adaptativa cuando sigue la variabilidad ambiental optimizando el ajuste del individuo, el cual se define como la tendencia a sobrevivir y a reproducirse (Boone y Smith, 1998). De modo que, los humanos tienden a optar por comportamientos en un rango de variantes para maximizar la adaptabilidad (Kelly, 1995).

Los conceptos teóricos de la ECH se aplicaron por primera vez en la arqueología durante fines de la década del 70 y principios de los 80, principalmente para explicar el cambio y la variabilidad del registro arqueológico y para analizar las estrategias de subsistencia de los grupos cazadores recolectores (Bettinger, 1991a, 2009; Kelly, 1995; Lanata, 2002; entre otros). En este sentido, la ECH puede constituir un marco teórico apropiado para discutir el rol que tuvieron los microvertebrados en la subsistencia humana prehispánica, vinculado a la propuesta de intensificación de los recursos planteada por Neme (2002, 2007, 2009) para la región durante el Holoceno tardío.

A partir de la ECH surge la Teoría del Forrajeamiento Óptimo con sus modelos de amplitud de dieta y de elección de parches, que se detallan a continuación.

2.1.1. Teoría de forrajeamiento óptimo

Los modelos de optimización sobre la base de la perspectiva de la ecología evolucionista, están más orientados a mejorar nuestro entendimiento de la adaptación, que a demostrar que la selección natural produce soluciones óptimas. La teoría de forrajeamiento óptimo, se basa en líneas generales en el principio de maximización y optimización de la eficacia en el forrajeo, medida en términos de costos y beneficios (*e.g.*, Mac Arthur y Pianka, 1966; Stephens y Krebs, 1986).

El modelo de amplitud de dieta o de selección de presas, intenta predecir el orden de selección de los recursos mientras se realiza su búsqueda para maximizar la tasa de energía en el forrajeo (Mac Arthur y Pianka, 1966; Hawkes y Connell, 1992). En este modelo los costos de búsqueda y de procesamiento son expresados en una medida de retorno energético (kilocalorías) y se incorporan en una unidad de tiempo determinada (horas, días, etc.). Ergo, cada presa se encuentra en forma aleatoria en el ambiente, tiene una cantidad de energía fija y se requiere un tiempo para cazar, procesar y consumir (Kelly, 1995). Asimismo, en el acto de forrajear es importante destacar el hecho de “buscar”, “encontrar” y en el momento del encuentro, “decidir” si se toma a la presa o se continúa buscando (Kelly, 1995; Bettinger, 1991a, 2009). Tanto el costo de manejo como la tasa de retorno pueden variar, como resultado de la incorporación de nueva tecnología y como consecuencia de los cambios estacionales en la composición de los recursos (Kelly, 1995). Este modelo asume la elección entre continuar o detener la búsqueda, en relación a los costos y beneficios medidos en términos de tasas de adquisición (Hawkes y Connell, 1992). La elección de presas de menor ranking energético, dependerá de cambios en la búsqueda, tasa de encuentro y manejo de las presas de mayor ranking (Hawkes y Connell, 1992). Por ende, las presas de bajo ranking pueden ser abundantes pero solo deberían ser explotadas por los *foragers* cuando disminuye la tasa de encuentro de las presas de alto ranking (Hawkes y Connell, 1992; Bettinger, 2009).

El modelo de elección de parches indica que los parches se ordenan en términos del retorno energético por unidad de tiempo. Este modelo a diferencia del modelo de amplitud de dieta, indica que el tiempo invertido en la búsqueda de un parche está

incluido en el cálculo de la tasa de retorno global de ese parche. En este sentido, los *foragers* deben decidir si entran a un parche para explotar los recursos o continúan buscando otros parches de mayor tasa de retorno. Asimismo, el modelo de elección de parches sugiere que los *foragers* no regresan a un parche hasta que este haya recuperado su capacidad productiva (Kaplan y Hill, 1992; Kelly, 1995; Broughton, 2002). Por otra parte, el teorema de valor marginal predice que la cantidad óptima de tiempo para adquirir los recursos de un parche se basa en la relación entre la ganancia energética de un parche y la tasa de retorno promedio del ambiente, la cual está condicionada por la frecuencia de encuentro de los parches (Charnov, 1976; Stephens y Krebs, 1986; Burger *et al.*, 2005). Cuando el modelo de selección de parches se utiliza junto con el teorema de valor marginal, puede predecir cuando un *forager* se moverá de un parche a otro a medida que el proceso de explotación haga decrecer la tasa de retorno del parche (Bettinger, 1991; Kaplan y Hill, 1992; Kelly, 1995; Broughton, 2002).

2.2. Ambientes marginales

El concepto de marginalidad ambiental puede ser definido como un “ambiente pobre”, con baja productividad primaria, donde son explotados cuando están en plenitud y luego de que el resto fueran explotados (Bettinger, 1991b). Sin embargo, otro concepto de marginalidad establece que los ambientes marginales no son necesariamente los ambientes más pobres en recursos, sino que son el “límite exterior de la dispersión de una población”, que no se expande más allá de las capacidades biológicas, tecnológicas que limitan esa dispersión (Borrero, 2004). En tal sentido, un ambiente marginal remite a un área discontinuamente ocupada y/o explotada por poblaciones distantes (Borrero, 2004). Arqueológicamente, se puede identificar con la ausencia de campamentos base (Veth, 1993). Por último, marginalidad puede ser definida como una “cualidad relativa”, en tanto un ambiente no es marginal en si mismo, sino en relación a los ambientes circundantes (Mondini y Muñoz, 2004).

2.3. Riesgo e incertidumbre

En su modelo biogeográfico Borrero (1989-1990), propone que la cronología y forma en la cual un área va a ser ocupada dependerá a que lugar ocupará esta dentro de la

jerarquía ambiental de la región. Dicha jerarquía estará basada en la productividad de cada área, así como en el riesgo y la incertidumbre de la misma (Gil, 2006).

El concepto de riesgo puede ser definido como una variación impredecible de alguna variable económica o ambiental. Por su parte, el término incertidumbre hace referencia a la falta de conocimiento sobre los cambios en estas variables (Jochim, 1981; Halstead y O'Shea, 1989).

Asimismo, la variabilidad de un ambiente puede actuar aumentando el grado de incertidumbre, especialmente cuando los recursos son impredecibles, lo cual incrementa el grado del riesgo de la misma (Bryson, 1994). Las regiones desérticas se caracterizan por tener variaciones anuales, estacionales y espaciales muy fuertes, aumentando los niveles de riesgo (Gil, 2006). En este sentido, las estrategias de las poblaciones humanas en áreas desérticas deben estar preparadas para manejar altos niveles de riesgo e incertidumbres a través del desarrollo de diversas respuestas culturales y biológicas (Halstead y O'Shea, 1989).

Por otra parte, Halstead y O'Shea (1989) postulan que pueden desencadenarse cuatro mecanismos básicos como respuestas para amortiguar o disminuir el riesgo: 1) Movilidad, 2) Diversificación, 3) Almacenamiento e 4) Intercambio.

La Movilidad, es la respuesta más simple y funciona cuando una población humana migra a causa de una escasez. La Diversificación, se da cuando se explota un rango más amplio de especies de plantas y animales en áreas más amplias y variadas. El Almacenamiento, se refiere al diferimiento en el consumo de los recursos disponibles. El Intercambio, funciona en forma complementaria al almacenamiento, en donde la abundancia presente es reservada para transacciones sociales en el futuro. El mismo es un mecanismo que permite la utilización de recursos que no están inmediatamente disponibles entre los grupos humanos de una determinada región, dado que se encuentran fuera del alcance de los mismos ya sea por cuestiones de distancia, acceso, etc.

2.4. Modelos biogeográficos

Los modelos biogeográficos son una herramienta útil para comprender cuestiones vinculadas al poblamiento, adaptación y uso de los diferentes espacios de una región determinada. Algunos ejemplos han mostrado su utilidad dentro y fuera de la región

para abordar estos temas (Veth, 1989; Borrero, 1989-1990, 1994-1995, 1999; Neme y Gil, 2008b).

El modelo biogeográfico de Veth (1989), aplicado para la colonización de los desiertos de Australia predice que las áreas menos marginales (*e.g.*, sistemas pedemontanos, tierras altas de montaña y sistemas fluviales) pueden funcionar como lugares de refugio. Estas se caracterizarían por tener ocupaciones permanentes desde los momentos más tempranos. Por su parte, los corredores (*e.g.*, grandes trayectos de tierras arenosas y pedregosas), tendrían una ocupación más temprana pero en forma no permanente, ya que serían ocupadas cuando las condiciones climáticas fueran más favorables. Por último, según el autor mencionado, las áreas de barreras infranqueables (*e.g.*, grandes desiertos de campos de dunas), tendrían una ocupación más tardía, la cual solo ocurrirá cuando las condiciones climáticas fueran más benignas, sugiriendo adaptaciones culturales como cambios en la estructura social y en las tecnologías de las poblaciones humanas (Veth, 1989).

Por otra parte, Borrero (1989-1990, 1994-1995, 1999) elaboró un modelo de poblamiento de la Patagonia en base a tres etapas: *Exploración*, *Colonización* y *Ocupación efectiva*. La etapa de *Exploración* implica movimiento de grupos humanos hacia zonas deshabitadas, a lo largo de rutas naturales y la utilización de localidades no óptimas. Para esta etapa se espera que se depositen pocos materiales de escasa especificidad funcional y poca discontinuidad temporal en las ocupaciones, dificultando la localización de los asentamientos. En esta etapa se evitarían las áreas menos favorables, como aquellas sujetas a alta exposición de presiones naturales, lo que sugiere que pueden quedar deshabitadas dentro de las regiones que ya han sido pobladas. Los materiales asociados a este tipo ocupaciones corresponderían a instrumentos expeditivos y probablemente desechos de reformatización (Borrero, 1994-1995, 2005). La etapa de *Colonización* corresponde a la consolidación inicial de los grupos humanos en un espacio determinado. A diferencia de la etapa anterior, el registro arqueológico tiene alta visibilidad, buena resolución y están localizados óptimamente. La localización de los asentamientos debe cumplir los requisitos que hagan viable la continuidad biológica de la población (Borrero, 1994-1995, 2005). En la etapa de *Ocupación efectiva* todos los ambientes deseables están ocupados. La visibilidad arqueológica es alta pero de baja resolución. Se espera un incremento en la variabilidad de la cultura material y procesos de cambio más o menos acelerados, como resultado de la adaptación a las condiciones locales. Los indicadores básicos son una mayor

redundancia en la ocupación y mayor reiteración en el uso de ciertas estrategias de subsistencia. En esta última etapa hay saturación del espacio, lo que indicaría procesos que estarían conduciendo a las poblaciones a adaptarse a las nuevas condiciones demográficas locales y a una mayor extracción de energía por unidad de área, con la posible competencia entre poblaciones (Borrero, 1989-1990, 1994-1995, 1999, 2005).

Dentro de este marco, con el avance de los estudios paleoambientales de un área determinada, nos podemos plantear distintos interrogantes vinculados a una problemática de índole biogeográfico (Veth, 1989). En este sentido, en los ambientes afectados por ciclos de sequía como en el sur de Mendoza, los desiertos o semi-desiertos pueden haber actuado como barreras geográficas, los valles fluviales extracordilleranos como corredores y los valles intermontanos y piedemontes, con menor riesgo y menor incertidumbre, como refugios (Borrero, 2002; Gil *et al.*, 2005; Neme *et al.*, 2005). A lo largo de los ciclos cambiantes de la estructura paleoambiental, pudieron derivar en expansiones y contracciones en el rango de acción humana (Borrero, 2002). Lo que también podría ocasionar cambios en la tecnología y en la economía de las poblaciones (Bousman, 2005).

2.5. Intensificación

Los modelos de la Ecología evolutiva, mediante el uso de las teorías de forrajeamiento óptimo, predicen el desarrollo de mecanismos que tienden a disminuir los niveles de riesgo y maximizar la toma de energía (Bettinger, 1991b). La disminución del consumo de *Lama guanicoe* y el aumento de la participación de especies más pequeñas en la dieta de grupos humanos implica tanto mayores costos de explotación, ya sea procesamiento y/o captura, con menores niveles de retorno energético.

Los modelos de amplitud de dieta (Bettinger, 1991b) predicen que siempre serán elegidas aquellas presas que tengan un mayor retorno, por lo que la disminución relativa de los valores de camélidos capturados, así como el aumento en la diversidad de especies (especialmente aquellas de menor tamaño) implicaría una pérdida en la eficiencia *forager* (Broughton, 1994). Este tipo de cambios en la explotación de los recursos puede ocurrir, entre otras causas, como producto de un cambio tecnológico, o cuando disminuye la tasa de encuentro de una especie que está rankeada muy alto, y las tasas de encuentro del resto de las especies se mantienen constantes o aumentan. De esta

forma las especies que antes no eran elegidas lo serán frente a este nuevo escenario ecológico de la región (Bettinger, 1991b; Broughton, 1994, Neme, 2007).

El concepto de intensificación ha sido utilizado desde hace ya varias décadas para entender una serie de cambios en el registro arqueológicos (Hayden, 1981; Bettinger y Baumhoff, 1982; Hiscock, 1994). Estos cambios en general implicaron un aumento en la cantidad de energía extraída del medio por unidad de área, a expensas de un aumento en los costos de extracción (Bettinger, 1994, 2001; Broughton, 1994, 2004).

Los principales indicadores de procesos de intensificación son un aumento de la territorialidad, la ocupación y explotación de las áreas marginales, incorporación de nuevas tecnologías, regionalización de estilos artísticos, intercambio de bienes, aparición de las estructuras de almacenamiento y una paulatina reducción de la movilidad (Hayden, 1981; Bettinger y Baumhoff, 1982; Hiscock, 1994; Broughton, 1994).

Los procesos de intensificación pueden ocurrir en diferentes direcciones y estar originados en distintas causas.

En general el concepto de intensificación en el uso de los recursos fue abordado desde dos perspectivas distintas: 1) la primera define la intensificación como especialización, donde un grupo humano se centra en un recurso explotándolo al máximo; 2) la segunda hace referencia a que los grupos de cazadores recolectores incorporan diversos recursos, incluyendo plantas y animales de mediano y pequeño tamaño.

El concepto de intensificación abordado desde la primera de las definiciones fue utilizado por Yacobaccio (2003), quien postula un uso intensivo de *L. guanicoe* para el NOA durante el Holoceno medio, donde un proceso de aumento de la aridez hizo que los camélidos se concentraran en los escasos lugares con agua y pasturas remanentes, lo cual los hizo más accesibles (predecibles) para las poblaciones humanas. Este proceso habría terminado con el posterior proceso de domesticación. Este proceso fue independiente al de los Andes centrales y sucedió como consecuencia de transformaciones sociales profundas en la sociedad de cazadores-recolectores.

La intensificación vista como diversificación implica la incorporación de nuevos recursos, evidenciado por una mayor diversidad en la explotación de las especies de plantas y animales. Este aumento en la diversidad de especies explotadas implica por un lado un aumento en la cantidad de energía utilizada, pero también el incremento en los costos de procesamiento (Bettinger, 2001, 2009)

Dentro de este contexto, Neme (2002, 2007, 2009) propone que un proceso de intensificación de los recursos tuvo lugar en la alta cuenca del Río Atuel en los últimos 2.000 años AP. A través de este proceso de intensificación se alcanzó una completa adaptación a las áreas marginales del sur de Mendoza (Neme, 2002, 2007, 2009). Sin embargo, en la región volcánica de la Payunia este proceso de intensificación, junto a la ocupación efectiva se dieron posteriormente (*ca.* 1000 años AP) (Gil, 2006).

Este proceso de intensificación regional implicó una disminución en la proporción de guanacos explotados y un aumento en el uso de las especies de menor tamaño. Entre las nuevas especies incorporadas a la dieta se espera que los microvertebrados hayan tenido un rol importante en la subsistencia de los grupos humanos que habitaron el sur de Mendoza durante los últimos 2000 años AP.

2.6. Zooarqueología

El término arqueofauna hace referencia a una muestra de restos faunísticos recuperados de sitios arqueológicos (Lyman, 1994). La zooarqueología estudia las interacciones entre las sociedades humanas y la fauna a través del tiempo (*e.g.*, Lyman, 1994; Gifford-Gonzales, 2001, 2007; Mengoni Goñalons, 2006-2010). No obstante, es necesario aclarar que el interés por esta disciplina trasciende a la arqueología, alcanzando principalmente a la paleontología y a la zoología, aunque con diferentes objetivos y alcances (Mengoni Goñalons, 2006-2010).

El paleontólogo ruso I.A. Efremov (1940), propuso el término tafonomía como una nueva rama de la paleontología, el cual proviene del griego *taphos* = enterramiento y *nomos* = ley (las leyes del entierro), haciendo referencia al estudio sobre la transición de los restos animales desde la biósfera a la litósfera. Sin embargo, posteriormente este término fue adoptado por diversos investigadores de la arqueología y particularmente de la zooarqueología (véase Lyman, 2010 y literatura allí citada).

En la distinción entre los términos zooarqueología y arqueozoología, se destaca que el primer término da cuenta de las investigaciones de los restos faunísticos en los sitios arqueológicos, para indagar acerca de las interacciones entre los humanos y la fauna. En cambio, el segundo término apunta a utilizar los restos faunísticos de los sitios arqueológicos para estudiar el estatus evolutivo y ecológico de los animales (Gifford-Gonzales, 2007).

Las investigaciones zooarqueológicas frecuentemente implican experimentos u observaciones de las modificaciones modernas de humanos y no-humanos sobre los restos faunísticos (Lyman, 1994). Para la mayor comprensión de la elaboración de analogías es necesario hacer un repaso de los principales conceptos rectores de donde provienen. El geólogo inglés Charles Lyell (1830), usó el término uniformitarismo escribiendo sobre la historia de la tierra. La aproximación de Lyell asume que los procesos geológicos han sido uniformes y han permanecido constantes, en su acción y efectos, sobre el transcurso completo de la historia de la tierra, donde los grandes resultados no son producto de causas catastróficas repentinas. George Simpson (1970) llamó esta asunción “uniformitarismo metodológico” (Goulp, 1965, 1979; Lyman, 1994; Gifford-Gonzales, 2001).

Por su parte, Lyman (1994) señala que el actualismo afirma la invariancia espacial y temporal de las leyes naturales, particularmente aquellas interesadas en los procesos mecánicos, químicos y físicos, siendo de este modo, equivalente al uniformitarismo metodológico. En este sentido, el actualismo denota la metodología de inferir la naturaleza de eventos del pasado por analogía con procesos observables en el presente (Lyman, 1994).

En la arqueología, la construcción de la teoría de rango medio (Binford, 1981) y la identificación de los procesos de formación de sitios (Schiffer, 1987) incluye aspectos mayores de la investigación actualística y de este modo frecuentemente toma la forma de argumento actualístico (Lyman, 1994). Las investigaciones actualísticas en la zooarqueología, a modo de inferencia por analogía, han ayudado en materia de entender los significados de los objetos del pasado, a través de nuestra experiencia en el presente (Gifford-Gonzales, 2001).

Lyman (1987), inicialmente extrae el concepto de equifinalidad del ciberneta Ludwing von Bertalanffy (1949, 1968), en sus escritos sobre la Teoría General de Sistemas, donde diferentes procesos producen el mismo estado final o los mismos resultados, en un sistema abierto capaz de intercambiar materiales con su entorno (Lyman, 2004). A través de las investigaciones actualísticas, los zooarqueólogos han definido huellas distintivas o características de varios actores, tales como marcas que podrían haber sido hechas por un solo agente causal, por ejemplo, un carnívoro o un humano con una herramienta de piedra. Sin embargo, las investigaciones actualísticas han mostrado que diferentes causas a veces pueden producir efectos muy similares, en términos de patrones de datos arqueofaunísticos (Gifford-Gonzales, 2001, 2007).

Las relaciones de los patrones tafonómicos en los conjuntos arqueológicos para sus agentes causales pueden ser ambiguas. De modo que para hacer frente a los problemas de equifinalidad, es importante reconocer contexto de comportamiento de los agentes acumuladores (Gifford-Gonzales, 1991).

2.6.1. Consideraciones generales sobre tafonomía de microvertebrados

Los conjuntos arqueofaunísticos son el producto de una amplia multiplicidad de factores que intervienen en su formación. Los mismos interactúan de formas variadas generando sesgos en la recuperación, identificación e interpretación de las muestras.

El primer estadio en la transformación de la biocenosis (contexto de vida de los organismos) se produce con la muerte. Esto puede suceder por enfermedades, edad avanzada, accidentes y otras causas, produciendo agregados fósiles con pocas alteraciones en el tejido óseo. Sin embargo, para los microvertebrados (*i.e.*, vertebrados < 1 kg de masa corporal estimada) la depredación es una causa común de muerte (Andrews, 1990; Lyman, 1994; Pinto Llona y Andrews, 1999; Stahl, 1996) y sus efectos podrían ser reconocidos por fracturas, marcas de corrosión digestiva en los dientes y restos óseos, y representación de partes esqueléticas (Andrews, 1990; Bochenski *et al.*, 1993; Bochenski, 1997, 2005; Broughton *et al.*, 2006; Stahl, 1996). Entre los principales depredadores de microvertebrados tenemos a los mamíferos carnívoros, aves rapaces, tanto diurnas como nocturnas, y a los humanos. Los mamíferos carnívoros producen grandes modificaciones en las partes esqueléticas de sus presas, donde se puede observar marcas de dientes, altas frecuencias de restos fracturados por la acción mecánica de la masticación y destrucción extrema de las superficies óseas y dentarias, a causa de los efectos de la acción corrosiva de los ácidos gástricos y biliares (Andrews y Evans, 1983; Andrews, 1990; Stahl, 1996; Mondini, 2000, 2001; Gómez y Kaufmann, 2007; Montalvo *et al.*, 2007, 2008). Las rapaces diurnas (Falconiformes), si bien no producen una frecuencia tan alta de fracturas como los carnívoros, sus ácidos gástricos corroen fuertemente las distintas partes del hueso, haciéndolo muchas veces no identificable (Hoffman, 1988; Andrews, 1990; Bochenski *et al.*, 1997, 1998, 1999). Las rapaces nocturnas (Strigiformes), aunque con variaciones entre los representantes de este grupo, no dejan evidencias importantes de fractura y corrosión digestiva en los huesos (Dodson y Wexlar, 1979; Hoffman, 1988; Andrews, 1990; Bochenski y Tomek, 1994; Bochenski, 1997; Bochenski *et al.*, 1993; Gómez, 2005; Broughton *et al.*, 2006).

En lo que concierne a la acción humana, se destaca principalmente las marcas de corte, la alta frecuencia de huesos quemados, altos niveles de fractura y alteración por ácidos gástricos y biliares y alta concentración de huesos de las especies de mayor tamaño (Bond *et al.*, 1981; Simonetti y Cornejo, 1991; Stahl, 1996; Pardiñas, 1999a,1999b).

En los estadios postdepositacionales, la meteorización causa modificaciones, evidenciada por la abrasión, agrietamiento y exfoliación de las superficies óseas como producto de la pérdida de humedad y colágeno de los huesos. Además, el transporte, observado por el redondeamiento de las extremidades y protuberancias de los mismos, y el pisoteo, proporciona altos niveles de dispersión y fractura a los agregados fósiles, presentando bordes angulosos y ásperos (Behrensmeyer, 1978; Korth, 1979; Andrews, 1990; Bochenski y Tomek, 1997; Trapani, 1998; Behrensmeyer *et al.*, 2003; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). Finalmente, luego que los huesos son enterrados podrían ser afectados por modificaciones diagenéticas, tales como el reemplazo mineral y la corrosión debida a la acidez o alcalinidad del suelo (Andrews, 1990; Lyman, 1994; Stahl, 1996; Pinto Lloná y Andrews, 1999; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002). En los ambientes de cuevas con condiciones de humedad, los huesos también pueden ser afectados (Andrews, 1990). Las raíces de las plantas mediante la acción metabólica de hongos y bacterias podrían modificar las superficies óseas, formando marcas dendríticas superficiales y en algunos casos el daño podría ser más profundo y estructural (Lyman, 1994; Fernández-Jalvo *et al.*, 2002). El óxido de manganeso actúa sobre los huesos formando manchas de color negro en las superficies óseas; el manganeso precipita como óxido en ambientes donde alternan ciclos de reducción-oxidación (Courty *et al.*, 1989). Esta precipitación se produce cuando hay una saturación de estos elementos en agua y una escasez de oxígeno; el agua se estanca en el sedimento al toparse con una capa de arcillas o carbonatos que impide su filtración (Gómez *et al.*, 1999; Gómez, 2000).

En resumen, los agentes postdepositacionales producen modificaciones en los huesos que afectan a toda la superficie de los mismos, esto difiere de la corrosión por digestión que tiene una acción usualmente localizada (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Bochenski y Tomek, 1997; Worthy, 2001; Laroulandie, 2002).

Finalmente, en la figura 2.1 se exhiben las interacciones entre los principales estudios de los microvertebrados realizados en este trabajo.

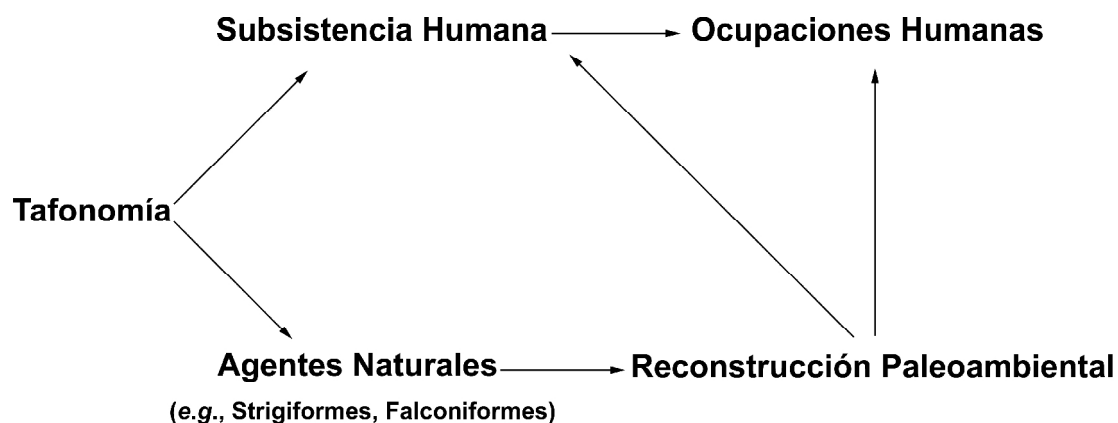


Figura 2.1. Esquema de interacciones entre los principales estudios de microvertebrados abordados en este trabajo.

En este sentido, se observa la importancia de los estudios tafonómicos para discriminar agregados de microvertebrados generados por acción humana de aquellos generados por depredadores. Estos últimos presentan mayor interés para trazar modelos paleoambientales, debido a que los depredadores -principalmente aves estrigiformes- se alimentan mayoritariamente de roedores sigmodontinos, los cuales por sus características estenoicas son sensibles a los cambios ambientales. Las interpretaciones paleoambientales constituyen una herramienta útil para entender los sistemas de subsistencia humana, que en conjunto, resultan imprescindibles para estudiar modelos de ocupaciones humanas.

Estos temas serán tratados en detalle en el capítulo 4.