Ruta de migración DE LOS DINOSAURIOS en Bolivia

Ministerio de Educación
Viceministerio de Ciencia y Tecnología (VCyT)

Roberto Aguilar Gómez
Ministro de Educación

Jenny Carrasco Arredondo
Viceministra de Ciencia y Tecnología

Erika Montes Menacho
Directora General de Ciencia y Tecnología

Cindy Baez Orozco
Jefa de la Unidad de Ciencia y Tecnología

Magali Paz García
Gestora de la Red de Paleontología

Título: **La ruta de migración de los dinosaurios en Bolivia**

Autores: **Mario Suárez Riglos**
Ricardo Céspedes Paz
Omar Medina Ramirez

Edición: **Cecilia Molina Canedo**

Diseño y diagramación: **Ana Lara Navarro**

2019 MINEDU © Todos los derechos reservados

RUTA DE MIGRACIÓN DE LOS DINOSAURIOS EN BOLIVIA

Mario Suárez Riglos

Docente Investigador del Museo de Historia Natural Noel Kempff M. (U.A.G.R.M.).

Ricardo Céspedes Paz

Director del Museo de Historia Natural Alcide d´Orbigny,

Omar Medina Ramirez

Docente Investigador de la Facultad de Ciencias en Arquitectura (U.M.R.P.S.F.X.CH.)

PRESENTACIÓN

La investigación y el desarrollo científico son la base fundamental del progreso de los pueblos. Desde el Ministerio de Educación, a través del Viceministerio de Ciencia y Tecnología se ha dado prioridad a la producción científica de investigadores, quienes son parte de las Redes Nacionales de Investigación Científica y Tecnológica, gestadas desde este Ministerio, otorgándoles la posibilidad de publicar y socializar los resultados obtenidos en su producción científica, en diferentes áreas.

En este caso particular difundiremos un trabajo interesante titulado **"Ruta de migración de dinosaurios en Bolivia"**, realizado por los investigadores de la Red de Paleontología, una rama de la ciencia que rememora interesantes sucesos de seres orgánicos de épocas pasadas. Son pocos los científicos que se dedican a esta rama de la ciencia en Bolivia, pero el trabajo que realizan se constituye en un importante aporte a nuevos hallazgos paleobiológicos que yacen en las entrañas de nuestros país.

El documento nos muestra como entre 80 y 65 millones de años atrás, unos gigantes y hermosos animales pastaban en el actual territorio boliviano, en esa época situado al nivel del mar. Estos dinosaurios buscaban en su eterno caminar lugares más propicios para habitar, las grandes manadas recorrían todo el territorio durante el cretácico, seguidos de jaurías de carnívoros deseosos de saciar su hambre.

Esta publicación permite al lector crear una imagen del pasado, recreando la vida durante el cretácico boliviano, recorriendo regiones en la que los dinosaurios pisaron extensas playas frente a un gigantesco mar que ocupaba el centro de nuestro país.

En esos suelos blandos y húmedos dejaban sus huellas impregnadas en la arena; ese espacio era cubierto por otros sedimentos eólicos, posteriormente por capas de fangolitas o margas traídas por aguas muy suaves, acarreando diferente materiales para rellenarlos y así conservar sus improntas, eternamente grabadas en el barro petrificado; es así que, después de millones de años, se encuentran magníficamente expuestas en cientos de trillas que cruzan la parte andina de nuestro país, mostrando largas rutas migratorias, que puede servir a las comunidades como atractivo turístico que contribuya a avanzar en su desarrollo local, tal como lo ha hecho Toro Toro o Sucre, que luego de estos descubrimientos han incrementado el flujo de visitantes.

En este documento se describen potenciales regiones como Maragua, Icla, Camargo y otras que pueden obtener muchísimos beneficios, por la presencia de huellas de dinosaurios, que está asociada a una naturaleza extraordinaria y única a nivel mundial, constituyéndose no solamente en una contribución académica, sino también en una guía para impulsar el turismo científico.

Es un placer presentar el primer documento sobre este tema hecho en Bolivia, por investigadores bolivianos, cuyo aporte sin duda abrirá no solamente el interés de los científicos sino de la sociedad en general al llevarnos a una realidad que yace en las rocas de Los Andes y promoverá el valor de conservarlas y estimular el desarrollo de cada uno de los pueblos cercanos a estas huellas. Al mismo tiempo invitamos a los científicos a sumarse a esta cruzada de seguir desentrañando nuestro acervo paleontológico.

Roberto Aguilar Gómez

Ministro de Educación

AGRADECIMIENTOS

Debemos agradecer a instituciones y personas que, de alguna u otra manera, colaboraron con esta publicación. Primeramente al Ministerio de Educación del Estado Plurinacional de Bolivia que, a través del Viceministerio de Ciencia y Tecnología, creyó en nuestro esfuerzo y nos apoyó mediante la conformación de la Red Boliviana de Paleontología.

También debemos reconocer a Leonardo Branisa y Federico Ahlfeld, quienes describieron por primera vez de las huellas en la década de los 60-70. A nuestro ya fallecido amigo Giancarlo Ligabue que apoyó a la investigación científica de las huellas de Toro Toro en la década de los 80. Al Dr. Giseppe Leonardi por sus acertados aportes, que desde su primera visita a nuestro país junto a Ligabue, colaboró con nosotros y aportó a las investigaciones de las huellas de dinosaurios en el mundo.

Un reconocimiento especial al geólogo chuquisaqueño Hugo Hymann que descubrió las huellas de Cal Orck´o , cuyos primeros aportes sirvieron de base para resaltar la importancia mundial de esa localidad; a la ya desaparecida Sociedad SOSIUPA por intermedio de David Keremba, quien fue uno de jóvenes impulsores de estos hallazgos icnológicos en Sucre; al SERNAP mediante nuestros amigos del Parque Nacional Toro Toro, en especial a Juvenal Choque, Felix Mamani, Justino Camake con quienes compartimos varios trabajos de campo; a Mario Jardín quien gracias a su esfuerzo personal registró un gran número de nuevas localidades paleontológicas en Toro Toro; al amigo Ing. Freddy Paredes quien aportó con su conocimiento al registro de las huellas en el farellón de Cal Orko, hacemos extensible este agradecimiento a varios científicos que nos colaboraron: Fernando Novas, Christian de Muizon, Sebastián Apesteguía, Ismar Carvalho, Cristian Meyer y M. Lockley.

Debemos también reconocer el apoyo de los Gobiernos Autónomos Municipales de Sucre, de Toro Toro e Icla, a la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno de Santa Cruz, Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba y Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Ricardo Céspedes Paz

INTRODUCCION

Las huellas petrificadas o icnitas –como las llamó W. Buckland en 1836, no son consideradas, por varios paleontólogos, como verdaderos fósiles ya que son solamente improntas y no corresponden a ningún resto del esqueleto o partes blandas de un animal o planta, son marcas o trazas dejadas por el desplazamiento en el suelo de organismos vivos, invertebrados o vertebrados. Debido a la dificultad de asociación taxonómica –es decir la clasificación u ordenación en grupos, de elementos que tienen unas características comunes- entre el animal y sus huellas, se las considera dentro de un estudio disciplinario paralelo a la paleontología, denominado paleoicnología, cuyas reglas y clasificaciones taxonómicas son distintas.

Algunas huellas dejadas por organismos vivos hace millones de años atrás, pueden asociarse perfectamente con especies que viven hoy con nosotros. Sin embargo, varias otras, quizás una mayoría, pertenecen a especies extintas como los trilobites del Paleozoico o los dinosaurios del Mesozoico.

La paleoicnología es una rama poco estudiada, aunque hoy es muy importante para complementar la imagen anatómica y el desplazamiento de animales, por las huellas pueden resultar de primitivos movimientos peristálticos (contracciones del estómago y de los intestinos que permiten trasladarse de un lugar a otro) de algunos anélidos; o movimientos más desarrollados como los de los anfibios, dinosaurios y otros vertebrados. A partir de las huellas es posible tener una idea de cómo era el andar y/o el correr de esos animales, si daban pasos grandes o pequeños, si los individuos de la especie estudiada eran pesados o gráciles y muchos otros complementos de su modo de vida.

Las huellas contienen información que el especialista sabe identificar e interpretar para luego determinar, de manera más o menos aproximada, algunas características del animal que las dejó. Por ejemplo, la distancia que hay entre las huellas muestra el largo de los pasos y éste indica de qué tamaño era el animal. Del mismo modo, la presión de la pisada permite saber su peso. Por esta razón, "los Paleoicnológos son verdaderos detectives, como Sherlock Holmes, quienes en base a la indagación y selección de información, la asociación con los restos anatómicos fósiles hallados del animal, pueden asumir cuál fue la forma del desplazamiento y determinar a qué animal perteneció" señala Giuseppe Leonardi en su publicación "Le Impronte Fossili di Dinosauri" 1984.

Las icnitas de algunos dinosaurios, por su tamaño y variedad fueron más estudiadas que otras. Los primeros registros de huellas fósiles de dinosaurios aparecen hace más de 200 años. En 1800, Pliny Moodie, un joven campesino reportó huellas de un animal (dinosaurio) en rocas areniscas rojas del Jurásico de Massachusetts (EEUU), los naturalistas de las Universidades de Harvard y Yale atribuyeron el hallazgo a las pisadas de una gigantesca ave denominada "Cuervo de Noé".

Sólo treinta años más tarde, a raíz del hallazgo de nuevas huellas en el valle de Connecticut (EEUU), es que se retoma el interés por el estudio de las icnitas. En 1835 el ilustre geólogo y naturalista Edward Hitchcock, estudia las pisadas de Massachusetts. Esta investigación da como resultado el registro de una gran cantidad de huellas con docenas de formas e ilustraciones litográficas de los hallazgos (sobre todo de dinosaurios terópodos), publicadas en la revista del Gabinete Apleton de Amherst College Massachusetts, EEUU. Esa publicación es, hasta hoy, la más grande colección ilustrada de la historia Paleoicnológica (Leonardi 1984).

En la mencionada publicación sobre las pisadas fósiles del Valle de Connecticut, Hitchcock atribuye esas huellas a gigantescas aves, agrupándolas en Eubrontes y Otozoum que fueron asociadas posteriormente a dinosaurios; vale señalar que este investigador y su hijo, no sólo estudiaron las huellas de estos animales, sino intentaron asociarlas con restos óseos fósiles hallados en Norte América, por esta razón fueron los pioneros de las investigaciones sobre dinosaurios en América, aunque ellos no lo supieron.

Estas investigaciones fueron revisadas por varios paleontólogos y naturalistas ingleses. El registro de nuevos hallazgos en Europa, situó a Gran Bretaña en la vanguardia de las investigaciones en este campo.

Es después de 1841, que surgen los dinosaurios en el panorama científico. En 1846 se acepta que las huellas fósiles descritas por Edward Taggart en terrenos del Cretácico halladas en la Isla Wight, Inglaterra, correspondían a un dinosaurio Iguanodón.

Desde esas fechas en adelante la Paleoicnología se desarrolla en otro escenario y toma mayor importancia el estudio de las grandes huellas dejadas por los dinosaurios en varias partes del mundo. A partir de 1922 se discute la división de los dinosaurios en dos grandes grupos, esta división permitió también separar las huellas de dinosaurios de la misma manera: Ornithischia y Saurischia, división que fue la base para la clasificación en el árbol genealógico propuesto por G. Leonardi y R. Steel en 1979.

A fines del siglo XX las investigaciones de las paleoicnitas, no sólo permitieron correlacionar a los dinosaurios con su andar o su peso determinado por la profundidad de su huella en los suelos arenosos o arcillosos, también proporcionaron información sobre el modo de vida de estos animales, revelando otras facetas como su comportamiento con hábitos solitarios o gregarios, las especies y además cómo compartían determinados nichos ecológicos o sus largas migraciones provocadas por los constantes cambios climáticos durante el Mesozoico.

ANTECEDENTES

Desde el siglo XIX se conocía en Bolivia la presencia de huellas fósiles de invertebrados, más conocidas como paleoicnitas, en diferentes sitios de su territorio.

Fue el famoso naturalista francés Alcide d´Orbigny, quien descubrió en 1832 las huellas de los trilobites en rocas del ordovícico de 470 millones de años en la región de Cochabamba, denominándola *Cruziana furcifera* en honor a su amigo y presidente de la República de Bolivia Andrés de Santa Cruz´; otro ilustrado europeo, Gustav Steinmann, en sus expediciones realizadas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, encuentra numerosas formas de huellas que fueron descritas por el paleontólogo Ulrich.

Recientemente, la destacada paleontóloga Margarita Toro y varios de sus estudiantes describieron huellas sobre todo del devónico, como la icnita *Bifungites*.

Se registraron también, en formaciones devónicas, icnitas de tipo *Taonurus caudagalli*¸ que corresponden a trazas de gusanos, *Crucianas* del devónico y en general biodisturbaciones en varios estratos de rocas.

Durante la era Mesozoica, comenzaron las grandes transformaciones continentales y con ella los mares bolivianos se transformaban, unas veces regredian formando albuferas y gigantescas lagunas de aguas someras, es en estos sedimentos que se registran un sinnúmero de huellas de dinosaurios.

Las primeras huellas en registrarse fueron realizadas por Leonardo Branisa en 1968, en los estratos de la Formación "El Molino" cerca de Potosí (Branisa 1968), otros registros de hallazgos de huellas de dinosaurios fueron reportados en 1972 por Federico E. Ahlfeld en Geología de Bolivia y en 1975 por Boero Rojo en "Bolivia Mágica". Ricardo Céspedes en 1976 realizó en Toro Toro cerca de la caverna de Humajalanta, el primer registro de un conjunto apreciable de huellas tridáctilas en la "Pistas de danza".

En 1981 en Cochabamba (Santivañez – Parotani), las huellas descubiertas por Giusseppe Leonardi, lamentablemente se perdieron tras una avalancha, sin embargo, se conservan otras huellas halladas en 1983 por Giusseppe Leonardi en las cercanías de Anzaldo, Arampampa.

Posteriormente se registraron un sinnúmero de hallazgos especialmente hechos por la Misión Francesa y algunos investigadores norteamericanos durante 1987 a 1991 (Marshall, L. & C. Molina, 1990. M. Gayet, l. Marshall & T. Sempere, 1991).

El primer registro científico y publicación de las paleoicnitas de Cal Orck´o, en Sucre, fue realizado en 1995 (Suarez Riglos 1995); gracias a este trabajo se incentivó la curiosidad innata de los científicos, ya que no se conocían las paleohuellas tan bien conservadas en otra localidad de Bolivia.

Fotografía 1.- Obtención de moldes de huellas de dinosaurios

En base a contribuciones de importantes investigadores que trabajaron en esta área, se pudieron establecer algunas posibles vías de migración de dinosaurios en Bolivia, distribuidas en diferentes tiempos geológicos, limitadas al Jurásico-Cretácico inferior (reducidas) y Cretácico Superior (numerosas).

Con el reporte de las investigaciones en este documento, pretendemos impulsar una conciencia preservacionista en la sociedad, para la conservación de estas importantes huellas de dinosaurios que se encuentran en el territorio nacional, promoviendo el empleo de este rico patrimonio paleontológico para el desarrollo comunitario mediante el turismo que beneficiará a las poblaciones aledañas a estas icnitas, aportando también a la comunidad científica con las nuevas investigaciones en este campo, para una mejor comprensión de los afloramientos del mesozoico y de su rica fauna.

Los yacimientos de fósiles de Bolivia han sido objeto del estudio científico por más de 185 años (A. d'Obigny 1832). Sin embargo, sólo en las cinco últimas décadas se realizaron esfuerzos concertados para conocer y estudiar los lugares importantes de icnofósiles (huellas). Permitiendo estudiar el por qué están conservados, también podemos utilizarlos como una información directa sobre su comportamiento o sea su paleoetología y por consiguiente su paleoecología y paleoambiente. Lamentablemente hasta ahora no se han encontrado en los lugares de las huellas en el país, restos óseos de dinosaurios que proporcionarían mayores elementos de juicio sobre las especies y el comportamiento de estos animales. Los sitios con huellas de dinosaurios son particularmente importantes, no sólo porque representan un ciclo extraordinario de la vida en la Tierra y una "marca" hecha por un animal en vida, siendo un fenómeno biofísico, sino también, porque son parte de los descubrimientos más importantes del pasado geológico que se han hecho en Bolivia en los últimos años.

Si repasamos anecdóticamente como se descubrió Cal Orck´o y sus extensas huellas de dinosaurios, iniciaremos recordando que fue la empresa FANCESA que decidió no explotar las capas calcáreas en el farellón donde aparecieron las hermosas huellas porque estas capas calcáreas, contenían una mayor cantidad de magnesio, que hacía un cemento pobre. Estas icnitas llamaron la atención a los trabajadores de la cantera, quienes avisaron al Ing. Hugo Hymann, geólogo de la empresa, quien paró la explotación de la cantera, acción que alegró a los paleontólogos, al Gobierno Municipal de Sucre y a los estudiosos de las huellas. Por tanto, los trabajadores por su curiosidad fueron los verdaderos "descubridores" de esta importante localidad paleontológica. Nos preguntamos cuántas huellas más se habrán encontrado y destruido formando parte de la tolva, solamente los obreros lo saben.

Fotografía 2.- Farallón de Cal Orck´o

Permitiendo el estudio científico de ese farallón Cretácico, se hizo un primer levantamiento de las huellas en diciembre del año 1994 mapeando y fotografiando más de 19 marchas de diferentes dinosaurios, que estaban muy bien expuestas y no habían sufrido daño alguno en sus lugares de origen, ni por las condiciones de preservación, por lo expuesto en la pared, ni dañado por las condiciones atmosféricas y por los dinamitazos del hombre. Este registro fue hecho en conjunto entre el Dr. Suarez y el Ing. Hymann.

Posteriormente se hizo un informe escrito, publicado en la revista ecológica de Sucre, en enero de 1995. Desde ese momento y gracias a esta intervención, se pudo mostrar al mundo un importante conjunto de huellas. Este apoderamiento permitió abrir esta localidad al turismo y sacar buenos dividendos, cuyas autoridades aprovechando esta coyuntura ganaron un importante flujo turístico, ya que muchos turistas van solamente a mirar las huellas de Cal Orck´o y el parque temático con los dinosaurios construidos a escala. Lamentablemente hoy peligra, ya que se tienen grandes yacimientos de roca caliza por debajo del "Parque Cretácico".

Fotografía 3.- Trabajos de obtención de moldes de huellas

LOS DINOSAURIOS Y SUS HUELLAS

Previamente debemos hablar de quienes fueron los dinosaurios, donde vivieron y porque es tan interesante el estudio de sus huellas. Los dinosaurios fueron desconocidos para la ciencia hasta el siglo XIX, el suborden **Dinosauria** (lagarto terrible) que fue descrito por primera vez en 1841, por el anatomista inglés Sir Richard Owen del Museo Británico de Historia Natural,quien al observar los restos de un gigantesco reptil determinó un suborden Dinosauria que fue un nuevo hallazgo para la ciencia y considerado diferente de cualquier otro animal conocido en ese entonces.

Años más tarde, con el aporte Owen y Darwin, se desvirtuaron los hallazgos de huesos de "dragones" en la china y los huesos de muchos animales mitológicos gigantes de las culturas primitivas. El estudio de la paleontología científica y la anatomía comparada fueron los pilares básicos para el entendimiento de la evolución biológica de las especies. Gracias a los aportes de estos científicos y sus teorías, es que este singular grupo de reptiles extintos, los dinosaurios, toman un papel especial en el mundo, llenándonos a muchos de nosotros de fascinación y curiosidad.

Los dinosaurios corresponden a animales extintos del grupo de los Archosaurios (reptiles primitivos), dentro de este grupo están los tecodóntidos (reptiles marinos), los pterosaurios (reptiles voladores) y los dinosaurios cuyos únicos sobrevivientes lejanos serían las actuales aves, en este grupo también se incluyen a los cocodrilos, único grupo sobreviviente actual.

Los dinosaurios son considerados fósiles guías de la Era Mesozoica o Secundaria (252 a 65 millones de años) que se encuentra dividida en tres periodos Triásico, Jurásico y Cretácico.

Estos reptiles surgen hace aproximadamente 231 millones de años durante el inicio del Periodo Triásico. Dominaron la tierra en el llamado Periodo Jurásico; es en este período que se desarrollan en una gran variedad de formas y tamaños; es durante el Cretácico que se diversifican en una variedad de especies la mayoría gigantes, en ese entonces se separaron los continentes: América del Norte y del Sur, Eurasia y África. Aún en el periodo cretácico, hace 65 millones de años éstas especies se extinguen, a consecuencia de una de las más grandes catástrofes siderales causada por el impacto de un gigantesco meteorito el Chicxulub de aproximadamente 20 kilómetros de diámetro en la península de Yucatán (México), esta colisión también trae como consecuencia grandes movimientos tectónicos que activan las fallas geológicas que cambian rápidamente la fisonomía continental de la tierra.

Los dinosaurios, aunque corresponden al suborden de reptiles (arrastrar el abdomen en el piso como los lagartos y cocodrilos), estos no reptan, poseían gran diversidad de posturas desde las cuadrúpedas hasta las bípedas, tenían variadas formas desde gráciles a robustas de distintos tamaños, desde muy pequeños de 45 centímetros y 1.5 kilos hasta gigantescas moles de 38 metros y 50 toneladas de peso.

Los dinosaurios habitaron la tierra en varios nichos ecológicos durante aproximadamente 135 millones de años, por esta razón fueron testigos de varios cambios como la separación de los continentes (derivas de continentales). Antes del Triásico, solamente había dos continentes: Laurasia al norte y Godwana al sur. Posteriormente durante el Jurásico y Cretácico los movimientos tectónicos separaron estas tierras formando varios continentes en el norte y del sur, aislando también a las especies de dinosaurios en cada una de estas masas continentales, esto dio lugar a evoluciones paralelas y muchas de ellas convergentes con ejemplares que cumplían las mismas funciones en diferentes especies.

Como ejemplo de estas evoluciones paralelas, tenemos a los grandes dinosaurios carnívoros que evolucionaron al norte (actual Norte América) los conocidos *Tyrannosaurus rex,* con 12 metros de largo y 6 toneladas de peso; y al sur (actual Sur América) el *Gigantosaurius carolinii* con 16 metros de largo y 9 toneladas de peso, dos terópodos de aspectos muy similares. Caso análogo se presenta en los dinosaurios herbívoros como los gigantescos Sauropodos como *Brachiosaurus altithorax* de Norte América con 27 metros de largo y 67 toneladas de peso mientras que al sur el *Argentinosaurus huinculensis* con 40 metros de largo y más de 90 toneladas de peso.

Los nuevos hallazgos de dinosaurios en el mundo revelan cada año impactantes características, como la presencia de pseudo plumas en varias especies, el rápido crecimiento de los neonatos (recién nacidos) especialmente de los saurópodos ya que las crías que salían de huevos de 35 cm podían llegar fácilmente en dos semanas a más de 2 metros de alto o la gigantotermia ocasionada por su enorme tamaño, que les permitió conservar el calor corporal durante más tiempo (día-noche), como también la sangre caliente en algunos de estos enormes animales. También se evidenció la distribución en varios nichos ecológicos y las extensas migraciones debido a los cambios climáticos producidos durante esas épocas.

Dentro de la clasificación es importante subrayar que los Dinosaurios poseen diferencias substanciales en la forma de los huesos de las caderas, unas relacionadas a los reptiles (saurischia) con gran variedad de formas y tamaños con hábitos herbívoros y carnívoros, mientras que la otra, está relacionada con las aves (ornithischia) que fueron exclusivamente herbívoras.

Cabe aclarar algunos aspectos importantes de los dinosaurios a raíz de muchas recreaciones en películas y parques temáticos: Por ejemplo, el famoso Tiranosaurio no vivía en Sudamérica y apareció en el Cretácico y no en el Jurásico, como algunas películas lo muestran (Jurasic Park), los gigantescos brachiosaurus o los pequeños velociraptores eran comunes en Norteamérica y África, pero no se hallaron en Sudamérica.

Durante la era Mesozoica los dinosaurios tuvieron una evolución muy particular, ocupando también el continente sudamericano. Los reportes más importantes de hallazgos de restos de esqueletos de dinosaurios corresponden a la Argentina que posee varios afloramientos sedimentarios propicios para la conservación de los huesos y un excelente plantel científico

de paleontólogos, que permite las investigaciones constantes sobre estos importantes animales extintos.

Durante este periodo, lo que es hoy el altiplano y los valles interandinos de Bolivia, se encontraban ocupados por un mar somero que, constantemente, sus aguas transgredía y regredía desde el norte, cubriendo lo que hoy es el altiplano con albuferas y grandes lagunas, en cuyas zonas fangosas vivían y se trasladaban distintas especies de dinosaurios dejando miles de pisadas en estos fangos, algunos lugares permitieron conservar pocos restos de dinosaurios como en Toro Toro (fragmento de una tibia de saurópodo), algunos dientes de Coelurosaurio y Abelisaurus en Pajcha Pata, Cochabamba (Marshall, 1989, Céspedes 2017).

La región continental durante el Cretácico se encontraba en la actual región tropical de Carrasco (Cochabamba) y en la región de Amboró y sudeste de Santa Cruz, conservados en los sedimentos de la denominada Formación Cajones. En estos estratos cerca a la serranía de los Espejos-Terebinto en barrancas de los ríos Botellas y Macúñucú, aparecieron los primeros huesos completos y parciales de Dinosaurios, se trata de la parte distal de un fémur de saurópodo (*saltasaurus sp.*), húmero derecho completo sin determinar y varios fragmentos (F. Gutierrez & Marshall L. 1994).

Fotografía 4.- Sedimentos con fósiles en Cal Orck'o

Sin lugar a dudas, las huellas fósiles de dinosaurios en Bolivia son la atracción más interesante para los paleontólogos científicos y aficionados. Son abundantes y llamativas, poco conocidas y casi todas carecen de una publicidad efectiva y sistemas de salvaguarda del patrimonio (con la parcial excepción de Cal Orck'o y Toro Toro). Existen muchos lugares en el mundo, pero ninguno con la cantidad de huellas que presenta Cal Orck´o, en Sucre ni tan bien conservados como los reportados en Toro Toro, Potosí.

Se han encontrado huellas de dinosaurios hasta hoy en cuatro de los nueve departamentos de Bolivia, como en Santivañez - Parotani, Cochabamba (Leonardi 1981, Marshall 1989) otras en Pajcha Pata camino a Anzaldo; en Toro Toro, Potosí (Branisa y Leonardi 1968), Arampampa (1980) y localidades de Chuquisaca como el singular sinclinal de Maragua (distrito 8 del municipio de Sucre), en Camargo, en San Lucas, las Carreras, Muyupampa (Medina 2015) y terminando en Tarija en la localidad de Cambarí.

LAS HUELLAS

Son consideradas huellas las improntas dejadas por seres vivos en los suelos, que forman posteriormente estructuras sedimentarias biogénicas. Las huellas dejadas por animales en los fondos marinos, o en las zonas anegadizas de pantanos, playas fluviales o marinas, para que se conserven durante miles de años, deben pasar por varios eventos excepcionales que les permita resistir el paso del tiempo.

Como en los poemas románticos que relatan el corazón inciso con sus nombres en la arena, "viene el agua y se lo lleva", es así que las posibilidades de que se conserven huellas en playas prehistóricas en grandes extensiones es realmente sorprendente. Cuando un animal camina en un substrato suficientemente impregnado de agua, que permite una plasticidad moderada es fácilmente marcada por las pisadas, ya sean estas en arenas, limos o arcillas. Si las pisadas permanecen hidratadas, éstas se deformarán y perderán; cuando el fango poco a poco va perdiendo el agua por evaporación o asoleamiento, éstas perduran por mayor tiempo, especialmente si las aguas son blandas y con alto contenido calcáreo, como es el caso de las aguas cretácicas bolivianas. Cuando estas huellas se secan, el viento se encargará de las playas, como los agentes eólicos "protectores", y las cubren con sedimentos sueltos que les permitirá su conservación por los millones de años.

Fotografía 5.- Huella de un dinosaurio de pie en el Cerro Huayllas.

Es esencial que entendamos que la paleoicnología estudia las estructuras etológicas, es decir el comportamiento de los seres vivos en el estado natural, lo que permite hacer una comparación análoga entre las huellas actuales y las fósiles.

La icnología no solamente estudia las pisadas (marcas de las patas delanteras o traseras), sino también toda marca dejada por un organismo, ya sean rastros de sus colas, sus hocicos, las estructuras de sus nidos, los senderos, marcas de la piel, los coprolitos e incluso las marcas del crecimiento de las algas, como los estromatolitos que vienen a ser estructuras etológicas o biogénicas.

Fotografía 6.- Huellas de dinosaurios en Toro Toro.

Entonces las huellas fósiles no solamente conservaron las pisadas en reposo, sino en movimiento, desde un andar pausado, una carrera o fuga hasta grandes saltos que debieron dar los dinosaurios a su paso por Bolivia. Además de proporcionarnos el peso de estos colosos, marcados por la profundidad de sus huellas que permiten reconstruir este pasado tan importante de la historia de la vida.

MIGRACIÓN DE LOS DINOSAURIOS

En la actualidad, existe una creciente literatura mundial, de los llamados "lugares sagrados" famosos histórica y arqueológicamente, como Lascaux Cave, Stonehenge, las pirámides de Giza, Angkor Wat, la Gran Muralla China, Chichen Itza, Macchu Picchu, Tiahuanaku, Samaipata. Estos lugares atraen numerosa cantidad de gente deseosa de conocer culturas antiguas.

La paleontología también posee sitios extraordinarios por su riqueza fosilífera, que son preservados por las autoridades locales, como el Parque Provincial de Dinosaurios en Alberta, Burgess Shale en Columbia Británica en Canadá, el Monumento Nacional de Dinosaurios en Utah y Colorado (EE. UU), el Flaming Cliffs en Mongolia, Messel en Frankfurt o Santana en Araripe, Brasil. Al respecto, es fundamental, mencionar que las huellas también tomaron importancia a nivel mundial como las pisadas de los *Australopitecos*, en Laetoli (Tanzania) que son excepcionalmente importantes para conocer la antigüedad del bipedalismo de los homínidos.

Del mismo modo, las huellas más grandes del mundo, hechas por megalosaurios del jurásico tardío en Khodja Pil-Ata (literalmente significa padre santo de los elefantes), las huellas encontradas en Turkmenistán, son también de significado valor para la cultura y la ciencia universal. Estas localidades ocupan un lugar especial en la historia paleontológica y son protegidas por autoridades internacionales, nacionales y regionales. La situación de huellas de fósiles bolivianas, debería ser similar a lo que se encuentra en estos lugares del mundo, donde se las conserva y cuida, ya que son un patrimonio de la ciencia mundial.

Cuando se encuentra un fósil importante, éste debe ser removido del lugar del hallazgo, así se evita su deterioro por los agentes erosivos, posteriormente es llevado a un museo para su limpieza, preparación y estudio. Sin embargo, los lugares donde hay huellas de dinosaurios, son a menudo muy grandes para ser removidas y deben ser cuidadas en el sitio. Se pueden sacar moldes y tener réplicas en los repositorios y museos donde se podrán exhibir, siendo el vandalismo, el más grande destructor de sitios paleontológicos con huellas, además de los factores externos como fábricas, caminos y edificaciones que actualmente son poco vigiladas para conservar este patrimonio. En Bolivia tuvimos un caso excepcional de una empresa petrolera que construía el gasoducto al Brasil, en varias oportunidades pararon la obra porque encontraron restos arqueológicos, que después lograron ser importantes.

Como política nacional, nuestro país deberá legislar bajo una ley específica la preservación de la riqueza paleontológica boliviana. Muchos de estos lugares son preservados porque sus habitantes locales y autoridades son orgullosos de su patrimonio natural y toman medidas para su protección, sino ya hubiesen sido destruidas.

Las áreas donde se encuentran interesantes ejemplos de muestras paleontológicas se encuentran bajo la protección de autoridades nacionales, provinciales, regionales y municipales. Son numerosos los ejemplos cercanos

como en la Argentina, en el cuaternario de Bahía Blanca, en la Provincia de Buenos Aires o en Toro Toro en el cretácico Boliviano, también se conoce que en el precámbrico de Australia (Ediacara), y en todos los continentes existen ejemplos de preservación empleándose para el estudio científico y para el esparcimiento turístico, debido a que lo impresionante de estos hallazgos, debe ser conocido y apreciado por todos los habitantes, por lo que deben promoverse procesos de concientización para su protección, iniciándose estos procesos en escuelas, colegios y universidades, para su interpretación y para que puedan ser apreciados en su real magnitud.

Es interesante observar, como en varios lugares del mundo muchas de las huellas parecen estar orientadas hacia una dirección, ésta singularidad también está presente en Bolivia, en las localidades que conservan huellas de estos animales extintos, éstas huellas también mantienen una dirección, por lo general, en el cuadrante geográfico norte-noroeste siendo de la misma edad geológica, aunque de diferentes estratos.

Debemos aclarar que las huellas de edad Jurásica o Cretácico inferior son pocas en comparación de las que se encuentran durante el Cretácico superior, huellas de esta data (Jurásico) se las registró en Chuquisaca en la localidad Icla-Uyuni, en su mayoría estos grupos de huellas, se presentan en el tope de la formación Chaunaca y la formación El Molino del Cretácico Superior en las que son abundantes. Sin embargo, llama la atención que las caminatas de estos dinosaurios son orientadas, haciéndonos pensar que podrían ser evidencia de una migración persistente, continua y cíclica. Estas huellas se pueden seguir como un derrotero a lo largo del territorio boliviano, especialmente claro en el departamento de Cochabamba desde Suticollo, Santivañez, Anzaldo (Pajcha Pata), Vila Vila, entrando al norte potosino por el sinclinal del Caine a las localidades de Toro Toro, Llamachaqui, Inca Corral, entre otras. Ingresando a los ricos depósitos paleoicniologicos chuquisaqueño de Cal Orck´o, Maragua, Camargo, San Lucas y terminando en el sur de Tarija; en los mapas se puede corroborar que las caminatas mantienen una misma dirección de ruta, lo que muestra que se seguirán encontrando cada vez más huellas, que permitan registrar un patrón migratorio más claro y de varios siglos.

Esta información complementaria sobre migraciones de los dinosaurios permite plantear planes de fomento y desarrollo turístico en distintas regiones complementarias entre sí, especialmente el turismo científico (paleoictiológico), porque en la actualidad, el aumento considerable de descubrimientos de lugares con huellas de fósiles en Bolivia, ha dado lugar a que el pasado "vivo" esté presente hoy en estos estratos mesozoicos, demandando nuestra atención científica y forzándonos a integrar las placas geológicas con huellas de dinosaurios en los paseos actuales, uniendo de norte a sur a las comunidades de distintos departamentos de Bolivia, mediante una ruta turística atractiva para todos nosotros, que mañana estén llenos de científicos y turistas deseosos de conocer estos lugares fascinantes, que nos hacen imaginar esos momentos, en los que esas huellas fueron originadas por el paso de los dinosaurios, hace millones de años y que se han conservado hasta ahora.

Imagen 1. Miles de huellas a lo largo del territorio boliviano marcan estas grandes migraciones temporales de los dinosaurios (R. Céspedes).

LA HISTORIA GEOLÓGICA DEL CICLO ANDINO BOLIVIANO

Durante la historia de la tierra, los continentes se desplazaron y trasformaron constantemente, estas transformaciones durante los millones de años trascurridos obedecen a los movimientos de las placas tectónicas. Muchos de los sedimentos que uno puede observar en las distintas cordilleras fueron depositados horizontalmente en algún momento de la memoria histórica de la tierra cuando formaban parte de depósitos marinos, fluviales, lacustres o simplemente depósitos aluviales en cuencas como las que podemos observar hoy en el altiplano, los valles o llanos bolivianos.

Esta deposición de material sedimentario o litogénesis, marca momentos y periodos geológicos que en la mayoría de los casos se trasforma por la aparición de sistemas orográficos que rompen la horizontalidad de los sedimentos, a estos momentos de trasformación geológica se los denominan Ciclos Orogénicos, que están marcados por periodos sucesivos dispuestos desde su sedimentación, hasta su máxima transformación orogénica, caracterizados por episodios de una máxima actividad tectónica

No toda esta transformación geológica de los estratos se produce en un solo momento, sino en periodos y eventos consecutivos orogénicos y/o de plegamientos que suceden a la conformación o levantamiento de una cadena montañosa con relieves cordilleranos o serranías y su posterior erosión, considerados como ciclos tectosedimentarios u orogénicos. Estos ciclos corresponden a un conjunto de unidades compuestas por estratos sedimentarios depositados (horizontalmente en su origen) dentro de un intervalo de tiempo geológico, marcados por la ruptura sedimentaria de rango cuenca en relación a la modificación del proceso tecto-sedimentario que afecta a toda la cuenca.

La historia geológica de Bolivia que antiguamente se hallaba dentro del continente Godwana, está definida por dos grandes episodios Preandino y Andino, definidos por ciclos tectosedimentarios que tuvieron lugar en el actual territorio, este ciclo no se puede tratar aisladamente, se debe ligar con los fenómenos geológicos del continente Sudamericano.

Existen en Bolivia cuatro ciclos en el Eón Proterozoico (2500 al 542 millones de años) y cuatro en el Eón Fanerozoico (542 al 0.11 millones de años), estos grandes movimientos de masas continentales y oceánicas con formaciones de cordilleras, se explican brevemente dentro de los eventos geológicos en la provincia geológica llamada **"Cordillera Oriental y la Faja Plegada de Huarina"**, para el Ciclo Andino, creado por Steinmann en 1929 y subdividido por Oller en 1992, en dos etapas denominadas Ciclos Andino I y Andino II. (Suárez Soruco, 2000).

Después que los episodios Preandinos abrieron el Océano Iapetus y el cierre de los océanos Adamastor y Mozambique con la consiguiente formación de la Triple Fractura Boliviana y la formación de dorsales con limites constructivos magmáticos como el Rift Contaya-Tacsara, al final del último

ciclo Proterozoico llamado Ciclo Brasiliano, se inicia el segundo episodio Preandino, con el Ciclo Tacsariano, se abre nuevamente un largo rift desde el Cámbrico, continúa en el Ciclo Cordillerano y dura hasta el Triásico superior del Ciclo Sub-andino terminando en la edad Jurásica superior.

Hace aproximadamente 200 millones de años se separa inicialmente el gran subcontinente Gondwana, principalmente entre el sur de los actuales continentes Sudamérica-África, formándose numerosas cuencas de rift dentro del continente austral americano y que desde el Atlántico sur inicial, nos muestra la más profunda huella de este fenómeno tectosedimentario, aún activa a lo largo del Océano Atlántico, donde ahora se observa en el territorio de la actual Cordillera Oriental, la evidencia de los depósitos de la cuenca denominada synrift, que se extienden desde los 200 millones de años o sea desde el Jurásico Inferior con efusiones de lava basálticas, hasta mediados del Cretácico superior (hace 80 millones de años).

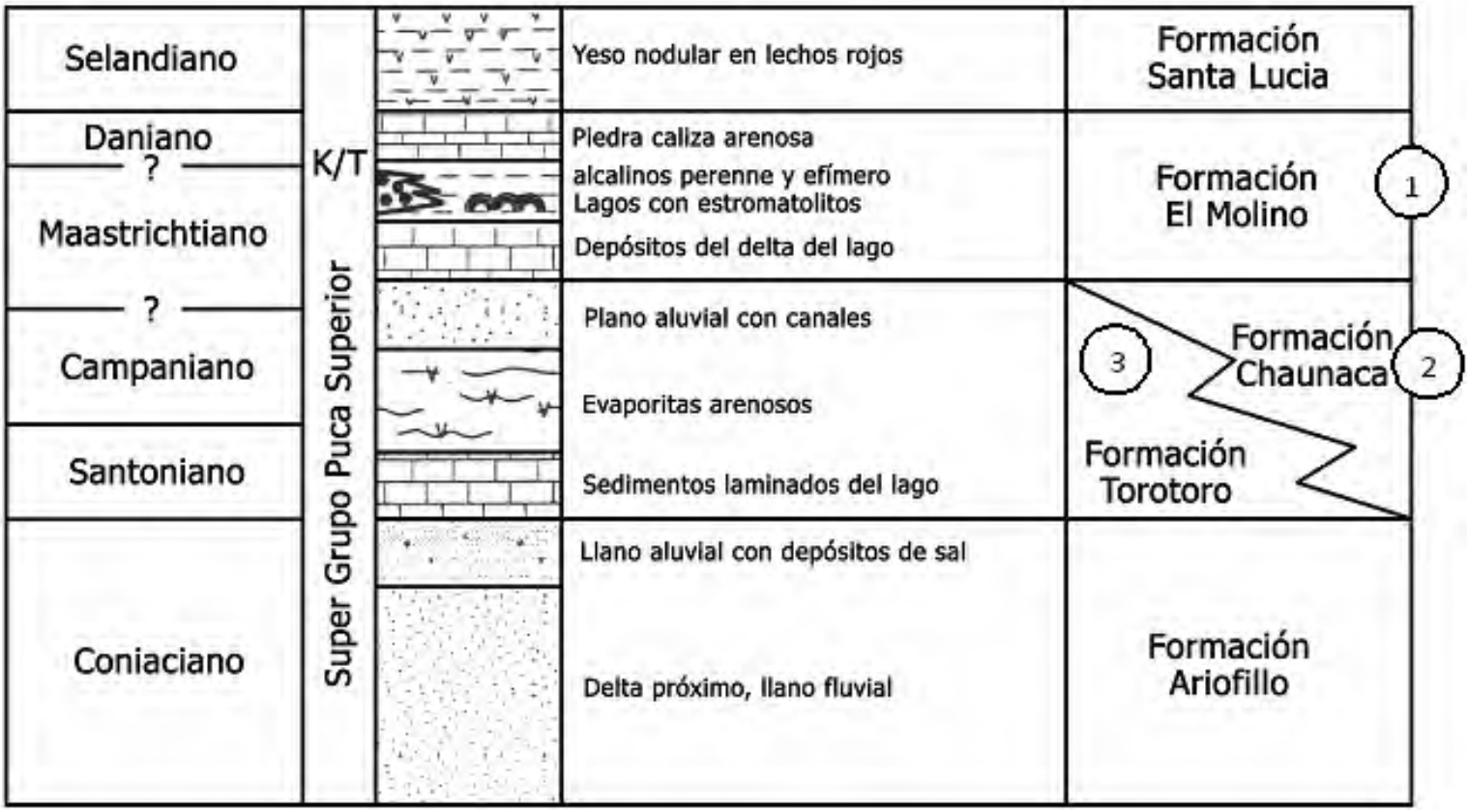
Durante el Ciclo Andino I, desde los 163 a 30 millones de años, se suceden varios eventos geológicos sucesivos en este período, desde el Jurásico se forman cuencas, llanuras aluviales, depósitos eólicos, fluviales, y lagunares, intercalándose entre ellos lavas, cenizas volcánicas, como también transgresiones marinas, (principalmente las Formación Miraflores y El Molino) que interrumpen los depósitos continentales. Posteriormente a estos eventos, poco a poco se eleva el centro de Bolivia y desaparece el mar Cretácico, produciéndose una nueva sedimentación continental especialmente ligada a estados fluviales y lacustres, desde el paleógeno (Formación Santa Lucia) hasta el Oligoceno superior (Formación Tiahuanacu).

Imagen 2. Representación de los mares del Cretácico, según Amderson Malsey.

El plegamiento andino más importante se produce dentro del Ciclo Andino II, se registra entre el Oligoceno tardío y el Mioceno temprano (30 a 26 millones de años) y es donde la placa del Pacífico o de Nazca, actúa constantemente produciendo una deformación gradual, comprimiendo y plegando las secuencias sedimentarias previas. El trascurso de tiempo tectosedimentario que nos interesa referirnos en este reporte, corresponde al ciclo Andino I ya que incluye las 4 formaciones Jurásicas y 11 formaciones Cretácicas bolivianas (Cheroni 1977).

El área donde están las huellas de dinosaurios es considerada como el sector central de la Cordillera Oriental (Suárez Soruco, 2000), muy bien definida. En esta área se desarrolló una cuenca rift rellenada con sedimentos continentales no fosilíferos, atribuidos al triásico-jurásico con areniscas fluvio-lacustres y eólicas, con alguna influencia volcánica, las **Formaciones Sayari** y **Ravelo** (Triásico-Jurásico) se las encuentra en las cercanías de Suticollo-Parotani en Cochabamba y también en Chuquisaca y Potosí. El Cretácico se inicia con conglomerados de clastos angulares, de **la Formación Condo**, transicionalmente los conglomerados pasan a arcilitas de colores rojizos intercaladas con areniscas de la **Formación Kosmina**. En la cuenca de Miraflores-Potosí, se tiene una secuencia sedimentaria mucho más completa y que va desde el Jurásico hasta el Terciario-Paleoceno, en la base están las **Formaciones Condo** y la arcilita **Kosmina** cuyo equivalente lateral arenoso son la **Formación La Puerta** de ambiente fluvial y también la **Formación Sucre** fluvial y transicional deltaico y la **Formación Tarapaya,** fluvial-lacustre.

En la localidad de Miraflores continúa una secuencia fluvial, lacustre y transicional deltaica, representada por areniscas, pelitas rojas y violáceas de la **Formación Tarapaya**. Siguen calizas grises fosilíferas de la **Formación Miraflores** de facies marinas de plataforma somera, se reactivan los procesos distensivos con efusiones basálticas, abanicos aluviales, en verdadero proceso de rifting, continúan pelitas, areniscas y coladas basálticas de la **Formación Aroifilla**. Según algunos autores citados por Suárez Soruco, las **Formaciones La Puerta, Tarapaya, Miraflores** y **Aroifilla** deben ser atribuidas a una fase sinrift que corresponde a un punto que se eleva por contracción, en la reactivación inversa de fallas normales, produciendo un punto a lo largo del perfil de la falla en el cual no hay salto de estratos, momento que estuvo caracterizada por una tectónica extensional activa. La secuencia continua con un depósito, de postrift con un horizonte calcáreo de 10 a 35 m. de espesor de la **Formación Chaunaca,** que evidencia una segunda transgresión marina, de plataforma somera con influencia costera. Lateralmente hacia los bordes de cuenca se desarrolla las areniscas y areniscas conglomerádicas con intercalaciones de limolitas de las **Formaciones Toro Toro** y/o **Chaupiuno,** éstas se asientan discordantemente sobre rocas paleozoicas.

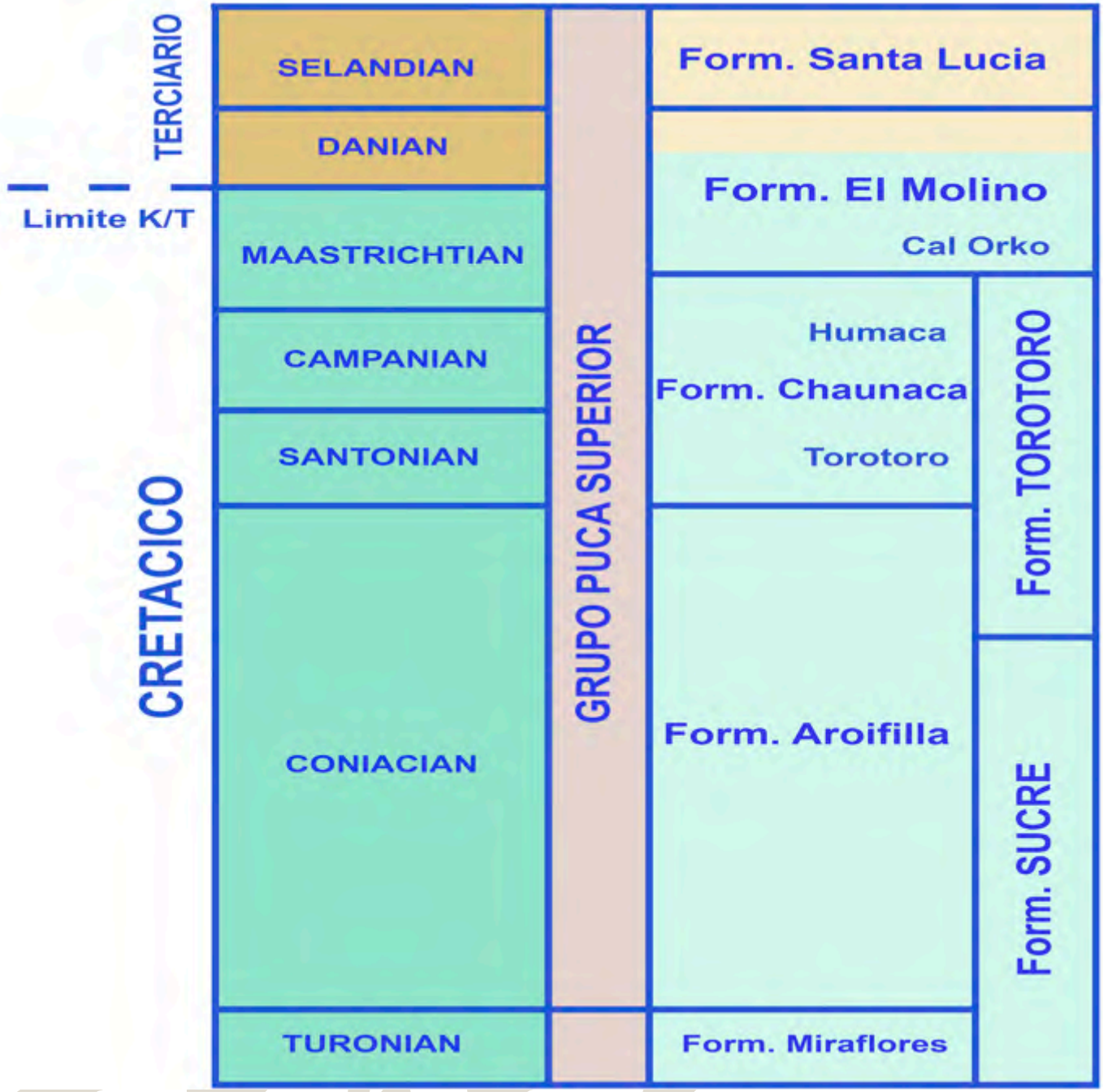


Esquema 1. Estatigrafía del Cretácico Superior, región de Sucre, Bolivia deducido según estudios realizados en la estratigrafía local en Cal Orck´o (1), Humaca (2) y Toro Toro (3)

Sobre las Formaciones Toro Toro y Chaunaca, se nota claramente una formación transgresiva compuesta de calizas, areniscas calcáreas blancas, margas verdes, pelitas rojas de la **Formación El Molino,** que corresponde a una secuencia transicional deltaica costera con facies aluviales y lacustres. Las transgresiones marinas son evidentes y rápidas, iniciándose cronológicamente en el Maastrichtiano temprano, Cretácico Superior y terminando con el Terciario inferior Daniano o Paleoceno inferior con la **Formación Santa Lucia**; con dos miembros el inferior con sucesiones de areniscas estratificadas con bancos delgados y entrecruzamiento (areno-limolítico) y el superior con deposiciones de arcillas, margas, margas yesíferas, margas arcillosas y arcillo margosos ambas de origen continental. Nos interesa en especial, la extensión geográfica de la Formación El Molino, ya que es muy grande, ampliándose tanto hacia la Argentina como al Perú con sus equivalentes cronoestratigráficos.

Esta formación con características propias como calizas estromatolíticas (*Pucalithus*), margas multicolores, varios niveles de paleosuelos, fósiles de invertebrados rocas calcáreas con gasterópodos como *Gyrodes sp.*, *Planorbis sp*., moluscos como Corbícula, restos de plantas (*Characeas*), y vertebrados como los peces *Gasteroclupea* y *Pucapristis*, restos óseos y dientes de dinosaurios Saurópodo (*Laplatasaurio*) y terópodo como Abelisauridos y Coleurosauridos, cocodrilos, tortugas, en especial, se preservan huellas de dinosaurios, de edad Maastrichtiana, esta formación tiene también, equivalentes de facies proximales con areniscas calcáreas y paleosuelos de la **Formación Cajones** del Subandino Centro, esta correlación es

muy importante, ya que en ella se encontraron huesos de dinosaurios y cocodrilos (Gutierrez & Marshall 1994). Están también correlacionadas con las **Formaciones Eslabón y Flora** del Subandino Norte y conglomerados de la **Formación Tobité** del borde del Cratón de Guaporé, que también de forma transicional y con ligera concordancia le siguen las fangolitas y arcilitas con limolitas y areniscas pardas rojizas de la **Formación Santa Lucia** (Terciario), esta formación es continental aluvial, fluvial o lacustre con fósiles de tortugas y reptiles de edad paleocena inferior.



Esquema 2. Cronología del Cretácico

LUGARES DE HUELLAS PROTEGIDAS A TRAVÉS DEL MUNDO

Uno de estos lugares que es protegido, conservado y representativo por los hallazgos reportados, se encuentra en el parque de Dinosaurios en el Estado en Connecticut, EE.UU, conocido desde que se lo describió en 1868 en un libro denominado "Guía de Ostrom". Este lugar se encuentra entre los primeros lugares de huellas de dinosaurios, reportados desde 1802, la documentación subsecuente fue elaborada por Edgard Hitchcock en 1836, cuya particularidad se la dio a conocer por primera vez como icnología de vertebrados, en la Fundación de las Ciencias de Estados Unidos.

La misma situación corresponde a las huellas del "Valle Purgatoire" en Colorado, debido a que el primer reportaje data del año 1936. Este lugar está situado en un área considerada "sagrada" por las tribus nativas americanas (Swan, 1990), pero también es uno de los lugares de huellas de dinosaurios más importantes en Norteamérica y ha sido documentado en detalle (Lockley et al., 1986, 1997). El lugar es tratado como un área no habitada, debido a que presta servicios forestales y el acceso es restringido. En recientes años, muchos lugares de huellas han sido encontrados en los terrenos que están bajo el control del gobierno federal y se encuentran sujetos a normativa especializada, por ejemplo, el lugar del valle Purgatorio en Colorado (Lockley et al., 1986, 1997) está considerado como un área desierta y es accesible solo caminando o con bicicletas montañeras o a caballo.

Otro sitio importante es la cantera Lark en Queensland, representativo por presentar la concentración más grande de huellas nunca registradas en un mapa simple (Thulborn y Wade, 1984), es fascinante y controversial por la evidencia entendida de una estampida de dinosaurios (Thulborn y Wade, 1979). Aunque el lugar es pequeño en extensión, ha sido protegido de procesos normales de erosión por un techo y mediante el tratamiento de la zona, para reforzar la superficie (Ajnew et al., 1989). Esta importante zona, ha sido superada por las huellas de Cal Orck´o, reportadas en el departamento de Chuquisaca, en nuestro país Bolivia, descritas en el presente documento.

Los lugares de huellas protegidos de Norteamérica tienen categorías asignadas en función a su ubicación, los que están situados en terreno público, son protegidos por leyes que prohíben trasladar los fósiles vertebrados, estos terrenos particularmente son comunes en el oeste de Norte América.

En recientes años, se realizaron muchos esfuerzos para proteger lugares de huellas en Europa. Como los mencionados por Lockley y Meyer en el año 2000 y existen dos importantes lugares con huellas ubicados en Barkhausen y Münchehagen en Alemania que están protegidos y son accesibles para la visita pública (Kaever y Lapparent, 1976; Hendricks, 1980). Del mismo modo, existen muchos lugares en el norte de España que proporcionan protección incluyendo la región Riojana (Sanz et al., 1990) y la región Ribadessella

(Valenzuela et al., 1988). Las publicaciones citadas cuentan con libros guía de excelente calidad y son muy útiles para informar a los visitantes; asimismo, cerca de esta región, en Portugal se reportó el descubrimiento de los lugares de huellas de dinosaurios, en el sitio denominado Carenque, en el cual se encontraron las huellas más grandes, medidas con precisión de 1.27m (Santos et al.,1993), estas huellas fueron posteriormente encontradas con una longitud 1,41m, siendo las huellas de mayor tamaño de saurópodos descubiertas a nivel mundial. Por otra parte, fueron descritas huellas en la vecindad de Cabo Espichel (Lockley,1994 - Meller et al.,1994). Posteriormente en Suiza, se reportó la existencia de lugares de huellas importantes: Lommiswil y Moutier (Meyer, 1993) y en el norte de Italia, cerca de la ciudad de Roverteo, se declaró como zona protegida a una extensa área, debido a que contiene cientos de huellas de dinosaurios (Dal Sasso, 2001).

Asimismo, se ha reportado en Asia la existencia de varios yacimientos de huellas, presentándose dos importantes regiones en Korea y otra en Japón en afloramientos cretácicos. Varios otros yacimientos cretácicos revelan huellas de dinosaurios en Asia (Yang et al., 1994) y las primeras huellas de Pterosaurio de Asia (Lockley et al., 1997) también fueron descubiertas cerca de Haenam (Provincia de Chollanam en China). Los yacimientos de huellas controversiales en Sebayashi en Japón (Lockley et al., 1989 y 1991) dio lugar al desarrollo del Centro de Dinosaurios de Nakasato, el cual es uno de los más grandes y más exitosos de su clase en Japón.

Todos los países citados tienen riquezas paleontológicas que preservar y conservar, tanto para investigaciones científicas como para el turismo.

Aunque gran parte de la información de los dinosaurios proviene de sus restos óseos distribuidos por muchos países del mundo, en estos hallazgos se evidencia la anatomía y otros fenómenos relevantes, de sus cuerpos muertos y fosilizados. Por el contrario, la certeza brindada por las huellas, es constancia de caminatas y correrías de cuerpos vivos, organismos movilizándose, cazando, viviendo sus actividades diarias. Es por ello, que son evidencia vívida de estos animales que cautivan la imaginación de niños y de adultos en todo el planeta.

De hecho, muchas de las poblaciones cercanas a yacimientos de huellas de dinosaurios (como El Chocón, en Argentina, o Cal Orck'o, en Sucre), han sido visitados por más de 200.000 personas y al menos se ha duplicado el ingreso de turistas anuales tras la construcción de una infraestructura para mostrar las huellas, asociado a un plan a concientización para su preservación, además del espectacular museo de especies de dinosaurios y otros reptiles, construidos a escala natural.

Otras zonas con huellas en la misma ciudad de Sucre incluyen las de los cerros Sica Sica y Churuquella, así como en la Avenida del Ejército (perdidas por un derrumbe) y algunas por lechuguillas (Cerca al Barrio Libertadores).

Bolivia tiene varios lugares con paleoicnitas muy bien preservadas, en ellas se pueden realizar varias determinaciones como el peso y tamaño del dinosaurio, su marcha, su velocidad, etc. Así mismo existe una continuidad de huellas similares, a lo largo y en forma paralela a las principales serranías, por las formas y características de las huellas se puede establecer que la mayoría de ellas, pertenecen a los mismos taxones de dinosaurios, por lo que se debe interpretar que mantienen líneas casi continuas a lo largo de

Fotografía 7.- Rastrillada de titanosaurios. Sinclinal de Maragua, municipio de Sucre. (Medina 2010)

los afloramientos del Cretácico superior, en el cuadrante norte noroeste actual, algo parecida a las migraciones de aves actuales, o las traslados de grandes manadas de mamíferos de norte a sur, según las estaciones en el continente Africano.

Estamos convencidos que en base a este documento, impulsar la ruta migratoria de dinosaurios por los andes bolivianos, cuando la ruta esté expedita, puede dar lugar a su reconocimiento a nivel mundial, por la magnitud del recorrido y la singularidad de las zonas paleontológicas, por su riqueza cultural y belleza paisajística, y sobre todo entusiasmará a los amantes de la naturaleza. Hasta el presente no se ha hecho un detalle estratigráfico minucioso de las rocas portadoras de las huellas, para estar más seguros de que los animales fueron los que hollaron los sedimentos durante un mismo tiempo, y para ajustar la cronoestratigrafía.

HUELLAS DE DINOSAURIOS EN BOLIVIA

Como anteriormente nos referimos, las primeras huellas de dinosaurios en Bolivia fueron descritas por Branisa en 1968, sin precisar la localidad de referencia, posteriormente describe otros hallazgos cerca a la población de Toro Toro (Branisa 1968), el mismo año reporta también huellas de dinosaurio en esta región, el prestigioso geólogo Federico Ahlfeld (Ahlfeld 1972). Es durante el año 1975 que se difunden los hallazgos en Toro Toro de huellas de dinosaurios, en reportes fotográficos realizados por Hugo Boero en su libro "Bolivia Mágica" (Boero 1975). R. Céspedes en 1976 reportó el primer registro de huellas tridáctilas en Toro Toro cerca de la caverna de Humajalanta, (Céspedes inf, Interno UMSS - 1976).

En la región de Santivañez y Parotani en Cochabamba, el famoso paleoicnólogo Giusseppe Leonardii describe algunas huellas de dinosaurio (Leonardi 1981), este autor también se refiere a otras huellas cercanas a Anzaldo, probablemente en los afloramientos de la formación El Molino en la localidad den Pajcha Pata. También Leonardi registra ignitas en Arampampa en el norte potosino en 1980 (Leonardi. 1983).

En 1984 toma un relevado interés el estudio de las huellas de dinosaurios en Toro Toro con el primer trabajo científico realizado por Giuseppe Leonardi, financiado por la fundación veneciana de Giancarlo Ligabue, cuya publicación se resume aquí.

Posteriormente en 1987 se registraron un sinnúmero de hallazgos de huellas de dinosaurios en otras regiones durante las prospecciones de la Misión Franco-Norteamericanas (1987 a 1991).

El hallazgo del farellón con miles de huellas en Cal Orck'o marca un nuevo hito en el estudio de las paleoicnitas en Bolivia, cuando fueron expuestas ante la mirada de numerosos curiosos, llega la evaluación paleontológica en 1995 y permite no solamente realizar el registro inicial de las icnitas, sino desarrollar importantes investigaciones científicas, para que éstas sean de conocimiento de los habitantes de Sucre e incrementen sus posibilidades turísticas (Suarez Riglos 1995).

Durante más de una década notamos un interés especial en el registro de las huellas de dinosaurios en Bolivia. La creación del "Parque Cretácico" de Cal Orck'o en Sucre fue un detonante para que las autoridades muestren más interés en este quehacer científico. Sin embargo, aún queda mucho por hacer y esta publicación permitirá realizar un inventario eventual de las localidades más importantes que se encuentran en el territorio nacional.

Imagen 3. Mapa de ubicación de las localidades más importantes con huellas en Bolivia.

HUELLAS EN EL DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA

La Cabaña – Santivañez

Este sitio fue una de las primeras localidades bolivianas donde se reportaron huellas de dinosaurios en la Formación El Molino del Cretácico inferior. En los alrededores de las aguas termales La Cabaña en Parotani, afloran rocas areniscas calcáreas con huellas de terópodos tridáctilos cerca de la carretera Cochabamba - Oruro (Vila Vila), cuyas coordenadas son 17°40´S y 66° 20´W. Este hallazgo fue realizado por G. Leonardi en el año 1981. Otras cuatro huellas muy bien conservadas se registraron en el sector de Vila Vila entre el camino Suticollo-Santivañez (hoy desaparecidas producto de un derrumbe). Marchall atribuyó equivocadamente las mismas a un Triceratops, una especie de Ceratopsido norteamericano.

Otro grupo de huellas se encuentra en una losa grande de piedra arenisca, distante a 4 Km de Santivañez y a 8 Km de Parotani, Según sus autores, las icnitas se encontraban en una arenisca calcárea, con buzamiento 70° norte, en capas con una inclinación de 57°. Se presentan siete improntas bipedales. Se trata de huellas muy bien conservadas a orilla del Río Tinkumayo en el sector denominado Lipez, atribuidas según los autores a huellas de Hadrosauridae y otras a Coleurosauria (Marchall & Molina 1990).

Jarka Pata – Blanco Rancho

Como fruto de las prospecciones realizadas en distintas regiones de Bolivia durante los años 1989 al 1991 se pudieron registrar nuevos afloramientos de la formación El Molino en el departamento de Cochabamba, muchos de ellos contenedores de icnitas, algunas de estas localidades están mencionadas en el articulo “The Mesozoic and Paleocene Vertebrates of Bolivia” de Fósiles y Facies de Bolivia Volumen I- Vertebrados (M. Gayet *et al* 1991).

Las icnitas halladas en la prospección se ubicaban en dos sectores de Pajcha Pata y Blanco Rancho en la provincia Esteban Arce. El sector de Pajcha Pata se encuentra aproximadamente a 42 km del camino Cochabamba - Anzaldo, en el lugar, se presentan intercalaciones de rocas areniscas calcáreas en las que se observan huellas de dinosaurios, uno de los estratos muestran fuertes eventos con presencia de aguas altas, cuyas huellas son solamente mar-

cas de las uñas del dinosaurio (terópodo) junto a fragmentos de huesos de peces, cocodrilos y dientes de rajiformes como *Pucapristis branisi*, además de dientes de dinosaurios lo que implica la existencia temporalmente de extensas lagunas o albuferas, invadidas constantemente por mares someros, probablemente de clima con temperatura cálida, mientras que la otra capa inferior presenta ondulitas que muestran aguas más tranquilas y poco turbadas. Ambos sedimentos arenosos fueron cubiertos por delgadas capas arcillo margosas que permitieron una mejor conservación de las huellas.

Aproximadamente a 3 km de la población se registraron también un grupo de alrededor de 12 huellas de tridáctilos, durante esa temporada de campo se hallaron también en estas areniscas costeñas dos dientes de dinosaurios, uno atribuido a un Coelurosaurio (Marchall 1989) y el otro a un Saurópodo (Suarez 1997). En recientes investigaciones en esta localidad se pudo extraer un gran diente completo y un fragmento perteneciente a un dinosaurio carnívoro atribuido al grupo de los Abelisaurus (Céspedes 2017), cuyos hallazgos de cráneos y esqueletos parciales se descubrieron en la Argentina.

En estratos cercanos a la población de Blanco Rancho, se hallaron también algunas icnitas, mal preservadas. Es seguro que con prospecciones regulares a esta localidad, se pueden ubicar más huellas ya que los afloramientos de la formación El Molino se exponen por varios kilómetros.

Patamorochata e Iglesiani

Estas localidades se encuentran en la provincia Ayopaya, cercanas a la población de Morochata registrándose el hallazgo de huellas tridáctilas de dinosaurios mal conservadas. En este sector se presenta también una estratigrafía de grandes depósitos continentales con restos fósiles de peces, cocodrilos y tortugas.

Caroma-Vila Vila

Esta localidad se encuentra cercana la población de Vila Vila en la provincia Mizque, corresponde a una de las regiones más prospectadas y estudiadas por paleontólogos nacionales y extranjeros. Durante las campañas de 1990 se realizaron prospecciones en el sector (Inf. Int. Museo UMSS Céspedes – Sempere 1990) hallando en esta ocasión varias huellas de saurópodos y terópodos muy bien conservadas, también se hallaron en estos estratos restos de *Pucapristis banisi*.

Fotografía 8. Huellas en Caroma Vila Vila. (Céspedes 2000)

Sayari

La localidad de Sayari se caracteriza por excelentes afloramientos de la formación El Molino, contenedores de restos fósiles de vertebrados (M. Gayet 1991) y algunas huellas de dinosaurios cerca a la Tranca (Km. 87 de la carretera Cochabamba- Oruro). Esta localidad corresponde una de las más interesantes ya que los depósitos Mesozoicos del Cretácico que conserva gran cantidad de fósiles, siendo comunes los hallazgos de *Pucapristis branisi*. Estos estratos se subyacen a la formación Sayari (Ravelo en la actualidad) de la edad Jurásica, permitiendo una cronoestratigrafía muy extensa del mesozoico para Cochabamba.

Los hallazgos anteriores fueron complementados por la ingeniera Olga Zalles, quien identificó nuevas ignitas en la localidad del Sayari en 2016, identificándose una serie de huellas de dinosaurios en la Formación El Molino, que nos muestra que, con prospecciones más regulares a esta zona, se podría identificar nuevas localidades de paleoicnitas.

HUELLAS EN EL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

TORO TORO

Esta localidad se encuentra en la provincia Charcas del departamento de Potosí. Sin embargo, su acceso es por el departamento de Cochabamba, aproximadamente a 150 Km al sureste de esta ciudad. La ruta es transitable durante todo el año, el paisaje es muy atractivo, especialmente por los afloramientos del Cretácico que forman el sinclinal del Caine y el sinclinal de Toro Toro.

Fotografía 9.- Pueblo de Toro Toro mostrando el fuerte progreso geológico al cual fue sometido (Suarez 2001)

El registro y la primera observación de las huellas fósiles en Toro Toro, fue realizado por Leonardo Branisa en el año 1968. Posteriormente varios aficionados citan nuevos hallazgos de pisadas de dinosaurios en la región, especialmente durante la década de los 70 en los que se mencionan estos nuevos descubrimientos (H. Boero 1975) y el descubrimiento de huellas a medio camino del pueblo de Toro Toro en las cavernas de Humajalanta, realizado por los miembros del Museo Universitario de la Universidad Mayor de San Simón, que permitió registrar varias huellas de terópodos muy bien conservadas (R. Céspedes 1977), datos citados en el trabajo de Leonardi como "Pista de danzas" (Leonardi 1981).

Posteriormente, el paleoicnólogo Gisuseppi Leonardi, en compañía del geólogo Hernán Peredo visitaron la zona, asombrándose al ver la estructura

sinclinal que describen como "piccolo bacino sedimentario" (pequeña cuenca sedimentaria). Seguidamente realizaron una descripción de las huellas por su cantidad y calidad, asimismo describieron el paisaje colorido del lugar. Peredo con un naturalista conocido como K.E. Campbell de Los Angeles, habían visitado la zona poco antes de que Leonardi realizara el trabajo científico en la región.

El sitio más importante se encuentra en las cercanías de la población y presenta huellas de dinosaurios muy bien preservadas, tan impresionantes en su conservación como en su calidad para ser estudiadas. Se presentan en rocas areniscas calcáreas en el sinclinal de Toro Toro donde afloran las Formaciones Chaunaca (areniscas Toro Toro), El Molino y Santa Lucia, ésta última del Paleoceno. Las icnitas se encuentran en la Formación El Molino, donde se exponen 60 pistas de carnosaurios grandes y medianos, anquilosaurios y saurópodos.

Fotografía 10.- Vista del camino a Toro Toro se observan Margas y areniscas multicolores de la Formación El Molino (R.Céspedes)

El paleoicnólogo Gisepe Leonardi, fue el primero en realizar un verdadero inventario minucioso de los más importantes recorridos con pisadas de dinosaurio en Toro Toro.

Fotografía 11.- Huellas tridáctilas de un Coelurosaurio de Huayllas, Toro Toro, obtenidas en 1976 (R. Céspedes 2016)

Por esta razón resumiremos el trabajo sobre Toro Toro publicado en el libro "Sulle Orme Dei Dinosauri" del Centro Studi Ricerche Ligabue de Venecia, Italia, para complementar mejor la importancia de las huellas de dinosaurio en esta región norte potosina.

Fotografía 12.- Huellas clásicas de un Ornitisquio, quizás un Anquilosaurio de Toro Toro descritas por Leonardi 1984 (R. Céspedes 2016)

Al respecto, Giuseppi Leonardi destaca: "Gracias a una ayuda del Centro de Investigación Ligabue de Venecia se realizaron varias expediciones de paleontólogos en Sudamérica, se pudo viajar en helicóptero a Toro Toro y contratar personas para limpiar la roca y observar mejor las icnitas. Esta nueva expedición, estuvo compuesta por el geólogo Giancarlo Ligabue, Giuseppe Leonardi, el periodista Viviano Domenici, Sergio Manzoni y Giangi Poli y el ingeniero Cesar Orlando Valera Antezana, que realizó la topografía de la zona. La cantidad de icnitas y su buena preservación, hicieron que el trabajo se torne en el tiempo cada vez más corto, pues se acercaba la época de lluvias y el río Caine haría imposible el retorno a la ciudad de Cochabamba".

Rio Toro Toro y Cerro Huayllas

Al investigar el sector cercano a la población de Toro Toro, se advierte afloramientos cretácicos y los describe diciendo: "Hacia la derecha del pueblo es decir, hacia el este, se nota una exposición de una arenisca cuarzosa, porosa poco seleccionada, de grano medio a grueso ferruginosa, abundante óxido de hierro, tiene una exposición cercana a los 2000 metros cuadrados, el largo del afloramiento es de alrededor de 85 metros donde se puede contar alrededor de 60 pistas que se dirigen en forma paralela N15° O y 45° O". La mayoría se dirige con un azimut cercano a los 300°. La conservación de las huellas, algunas muy bien impresas y mejor conservadas, otras muy superficiales y erosionadas, casi todas mantienen un detalle de su morfología, la pista más larga tiene 30 metros con 34 huellas bien conservadas, las otras tienen 20 huellas más o menos, en promedio, casi todas atribuibles a terópodos carnosaurios, muy bien conservadas, muy comprimidas entre ellas, y el largo está entre los 25 a 35 cm. Dos o tres pistas pueden ser atribuidas a ornitópodos no muy bien conservados, lo que no permite afirmarlo con seguridad.

El sorprendente paralelismo puede ser atribuido, por el diferente tipo de conservación y de impresión, y permite formular dos hipótesis:

a) Se trata de una gran jauría de cerca de 60 carnosaurios (de la parte descubierta del afloramiento) que se dirigen hacia el Nor Oeste o Nor Nor Oeste, atravesando un lodo de plasticidad diferente, paralelo a la línea de costa (largo de la orilla, indicada por los ripple marks) dejando huellas de calidad variable.

b) Si se tratara de un corredor obligado, condicionado al pasaje local a través del cual varios grupos de dinosaurios o de individuos solitarios pasaron con direcciones análogas y distanciadas uno detrás de otro, por pocos días, cuando el substrato todavía, presentaba condiciones diversas de plasticidad y consistencia; podríamos excluir la primera hipótesis y esta segunda hipótesis sería la más probable, dado que las pistas individuales presentan una notable consistencia en la cualidad de impresión.

Pavimento rocoso de la localidad de Huayllas en Torotoro, Potosí (Bolivia), corresponde a la Formación El Molino del Cretácico final, se nota una secuencia de pisadas de carnosaurios, todos subparalelos con dirección N o NO y dos grandes pistas de ornichisco cuadrúpedo, (Gran Ankylosaurio o un Ceratopsido) *Ligabueichnium bolivianum* n. gen., n. sp.con dirección NE.

Al lado: La Pista de *Ligabueichnium bolivianum* nuevo género, nueva especie.
("Sulle orme dei Dinosauri", G. Leonardi pag. 183, Italia 1984).

Imagen 4.- Representación del pavimento rocoso de la localidad de Huayllas en Toro Toro. G. Leonardy - 1984

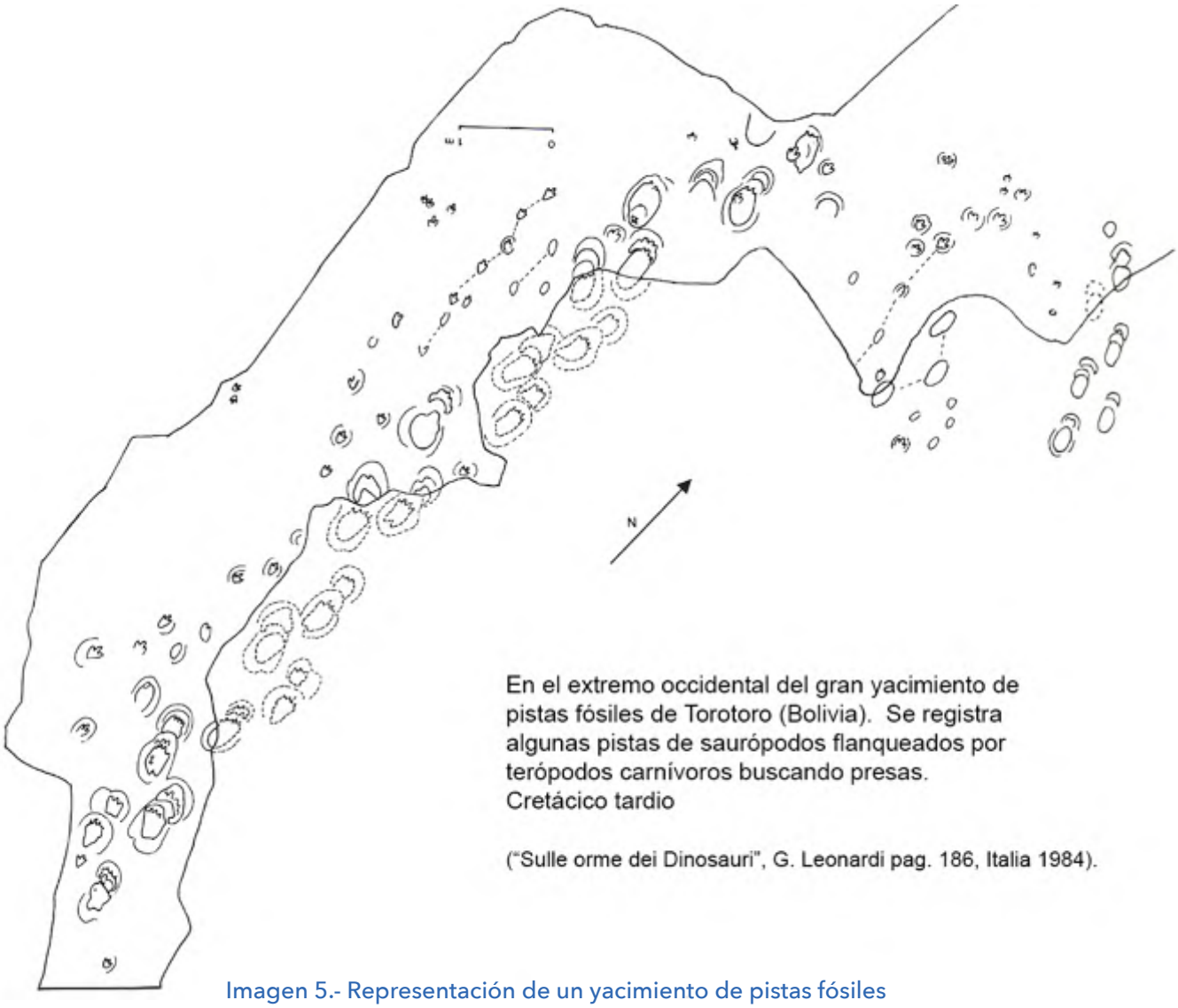


Imagen 5.- Representación de un yacimiento de pistas fósiles en Toro Toro. G. Leonardy - 1984

Lo más interesante de este afloramiento son dos grandes pistas de huellas completamente diferentes y nuevas, atraviesan la superficie en dirección casi perpendicular respecto a las otras, dirigiéndose N 45° Este, aunque se denota una inclinación hacia la izquierda, ciertamente los dos animales andaban del lado opuesto a los demás. Si describiéramos el rastro de la izquierda, que es impresionante por su magnitud, la otra está ligeramente cubierta por el estrato superior adyacente y está bien impresa, la icnita en su parte descubierta al menos tiene 15 metros de largo, aunque a los cinco metros se torna menos clara, comprende 29 huellas claramente visibles y otras seis o siete probables. Estas huellas, completamente diferentes a todas las otras huellas de dinosaurios conocidos y parece una forma ciertamente nueva de morfofamilia. Desafortunadamente, a pesar de que las huellas son grandes y evidentes, no están muy bien marcadas, parece que el animal, sin duda muy pesado, se hundió en el barro arenoso profundo todavía con arena saturada de agua, rompiendo la superficie superior ya seca, que constituía una costra. A pesar de estas graves limitaciones, parece

apropiado establecer un nuevo parataxon. La conservación del material está garantizada por la compactación de la roca y la inaccesibilidad al lugar.

G. Leonardi describe al nuevo icnogénero y a la nueva icnoespecie nominándolos *Ligabueichnium bolivianum* al nuevo icnotaxón, ubicándolos dentro de la subclase Archosaurio y el orden Ornistischia, según Leonardi, estos ejemplares son de unos anquilosaurios extremadamente grandes.

Existen otras huellas de saurópodos y terópodos, siguiendo el curso del arroyo, y pasando unas pocas decenas de metros de estratos, cercano al camino a Cochabamba, se pasa un torrente saliendo del pueblo, en una gran losa rocosa que es atravesada por el mismo camino, después del vado se descubren decenas de huellas todas subparalelas, que se dirigen hacia el norte. Ocho pistas detallan una nueva forma, probablemente menos específica, que se atribuyen a saurópodos, incluyendo al menos seis adultos y dos individuos jóvenes. Estas huellas son de excelente calidad y conservación, con pasos característicos de la diferenciación profunda entre los miembros delantero y trasero. Las primeras, son extremamente grandes, tienen la forma típica del casco de un caballo, pero parecen presentar uñas triangulares, que son diferentes a la base estructural peculiar de la pata delantera de los saurópodos, estas últimas son alargadas, elípticos, pero truncados en diagonal en el talón, y tienen garras típicas. Las huellas están acompañadas por olas de barro endurecido. El ángulo del paso no es muy alto (95°- 120 °). Las pistas de saurópodos se disponen en paralelo a lo largo de un frente de unos 200 metros y más allá están acompañados por una treintena de pistas de carnosaurios de tamaño mediano, todas subparalelas a la primera. La recíproca y diferente sobreposición de las diferentes huellas de los saurópodos y terópodos, indican que algunos de los animales pasaron antes. Dado que todas las pistas tienen características muy similares, con respecto a la profundidad y a la disposición de la onda periférica de la pisada, puede plantearse la hipótesis fascinante de que el conjunto de pisadas son testigos del ataque de una jauría de carnosaurios a una manada de saurópodos, que procedió a escapar del ataque, en paralelo, pero separado el uno del otro, cada uno de ellos seguido de algunos terópodos. En las laderas del cerro, fueron descubiertas otras numerosas pistas de carnosaurios, en realidad toda la montaña esta probablemente cubierta de huellas. Este yacimiento, como muchos otros dispersos en diferentes zonas del mundo, está a la espera de nuevas investigaciones, cuyos resultados nos ayudarán a reconstruir, los complejos acontecimientos que caracterizan la ventura de los dinosaurios en nuestro planeta (Leonardi 1984).

Pista de Danzas (Carreras Pampa)

Durante una visita a la región de Toro Toro que realizó el personal del Museo Arqueológico de la Universidad Mayor de San Simón en 1976 junto al Arq. Urquidi y Calderón, se registraron varias huellas de dinosaurios bien conservadas, en el sendero entre la población de Toro Toro y las cavernas de Humajalanta. El sector fue originalmente una planicie empleada para separar granos de cebada y presentaba una delgada capa de arcillas margosas rojo verdosas y se podía observar algunas huellas de dinosaurios tridáctilos bien

preservadas. El equipo procedió a limpiar esta pequeña capa que cubría las huellas y se descubrieron alrededor de 50 huellas, todas tridáctilas de diferentes tamaños, distribuidas en caminatas en distintas direcciones; por esta característica, la concentración de huellas y el aspecto desordenado la localidad fue denominada como "Pista de Danza" (Céspedes 1976, Leonardi 1881), todas ellas pertenecían a terópodos tridáctilos probablemente Coelurosaurios, cuyas huellas variaban entre 36 a 25 cm de longitud (talón dedo central), la dirección de las corridas varía sin embargo la mayoría presentaba una dirección Sudoeste siendo que se evidencian dos corridas de oeste a norte, la superficie intervenida solamente corresponde al 40% de lo que conserva el sitio, siendo posible en un futuro limpiar una mayor superficie, para llevar adelante estudios científicos, para promover el turismo, esta localidad es actualmente conocida como "Carreras Pampa".

Fotografía 13.- "Pista de danzas" en Carreras Pampa, después de la limpieza realizada en 1976 (R. Céspedes)

Fotografía 14.- Vista sudoeste del sitio "Pista de danzas" en 1976 (R. Céspedes)

Llama Chaqui

Se trata de otra localidad con muy buenas muestras de huellas de dinosaurio, que se ubica al este del sitio arqueológico preincaico del Cerro de Llama Chaqui (del quechua Pata de llama), a unos 35 km. al noreste de la actual población de Toro Toro. Esta localidad fue descrita por Branisa en 1980, posteriormente algunas apreciaciones fueron realizadas por Leonardi (1984).

La información más completa se la efectuó durante las prospecciones realizadas en 1999 durante la "Actualización y Complementación Paleontológica al Plan de Manejo del Parque Nacional Toro Toro" (SERNAP, Céspedes 2009), en esa oportunidad, de registraron varias caminatas de dinosaurios en la zona, que parecen tratarse de ornitópodos tridáctilos bípedos probablemente Hadrosaurios además se evidenciaron grandes pisadas de Terópodos, probablemente Abelisaurios (Céspedes 2017).

Llama Chaqui corresponde a una de las zonas con mayor concentración de localidades paleoicnológicas cercanas entre sí, formadas por grandes estratos de arenisca calcáreas casi horizontales, que conservan varios recorridos de huellas de dinosaurios (Abelisauridos, Coelurosauridos y Hadrosauridos) muy bien conservadas además de poseer un hermoso paisaje, que junto a las edificaciones y tumbas precolombinas, le permite ser considerada como una excelente ruta turística de esta región.

Fotografía 15.- Pisadas de un gran dinosaurio terópodo posiblemente Abelosaurio cerca de Llama Chaqui, Toro Toro (R. Céspedes 2009)

Fotografía 16.- Otro grupo de profundas pisadas de Terópodo cerca de Llama Chaqui (R.Céspedes 2016)

Fotografía 17.- Corresponde a una corrida de un terópodo mostrando marcas de sus garras al Noroeste del cerro Huayllas, Torrafotoro (R.Céspedes 2016)

Fotografía 18.- Huellas de un terópodo con fuerte rebaba. Sector Noroeste del cerro Huayllas (R.Céspedes 2016)

Huellas de dinosaurio en la caverna de Chiflón Q'aqa

Durante el 2009 se pudo prospectar varias localidades, entre ellas se destaca icnitas en la caverna denominada Chiflón Q'aqa en Toro Toro (SERNAP, O. Medina). Esta localidad fue registrada ya por Mario Jardín el año 2001 y corresponde a una ubicación poco usual, los rastros se conservan intactos y protegidos por la oscuridad de la caverna y conservan icnitas de terópodos. Las icnitas están impresas en las paredes y en el piso y tienen una dimensión de aproximadamente 20 a 25 centímetros de largo y 18 cm de ancho, se hallan en perfecto estado de conservación y en el lugar se puede apreciar incluso parte de las garras de estos dinosaurios carnívoros y también el contramolde natural de las icnitas.

Fotografía 19.- Huellas de dinosaurios que se encuentran dentro de la caverna de Chiflón Q'aqa (Medina 2018)

Otras localidades en Toro Toro

En las prospecciones realizadas para la "Actualización y Complementación Paleontológica al "Plan de Manejo del Parque Nacional Toro Toro" (SERNAP, Céspedes 2009), se realizaron nuevos registros de localidades con huellas de Dinosaurios dentro del Parque Nacional Toro Toro como en el área de amortiguamiento; en este trabajo se registraron alrededor de 11 localidades importantes con icnitas, algunas cercanas a la población de Toro Toro. En su mayoría estas incitas se encuentran en rocas areniscas calcáreas intercaladas con margas, presentes en distintas secciones cronológicas dentro de la formación El Molino. Se precisó en coordenadas GPS en un mapa y fueron designadas con la sigla PTor (Paleontología Toro Toro), siendo estas PTor-1, PTor-3, 3a, PTor-6, PTor-7, PTor-8, 8a, 8b, PTor-9, PTor-10, PTor-11. Se obtuvo la ubicación GPS contando con poca información reconstructiva de las huellas, el estado de conservación y su asociación. Sin embargo, esta información es muy valiosa para futuros trabajos paleontológicos, mostrando la gran cantidad de localidades muchas de ellas con buena potencialidad turística.

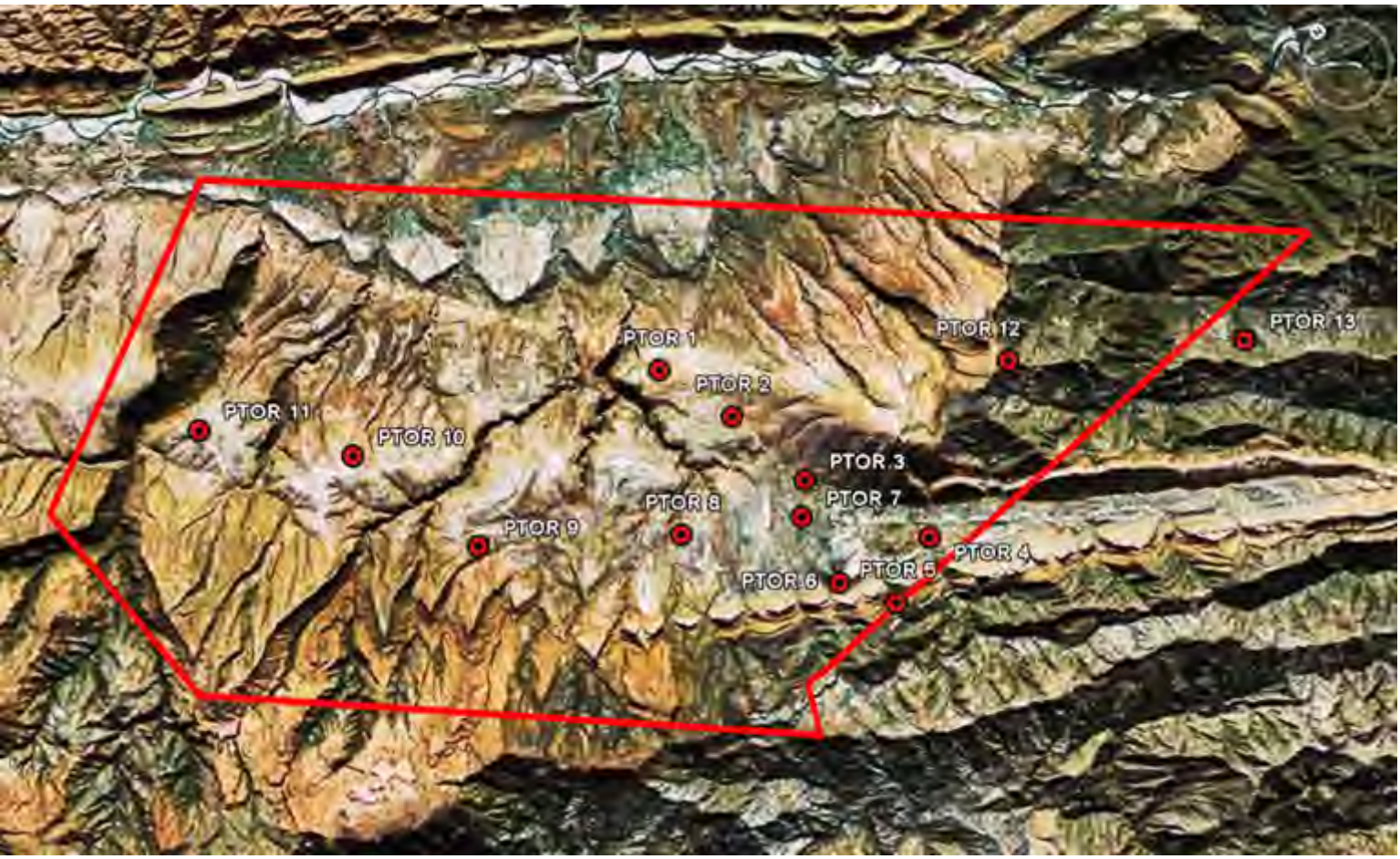


Imagen 6.- Mapa de ubicación de las zonas paleontológicas dentro del Parque Nacional de Toro Toro (Fuente SERNAP, Céspedes 2019).

Zona	Latitud S	Longitud W	Localidad	Restos fósiles
PTOR 1	18° 6›19.81»	65°45›57.21»	**Hacienda Loma**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 2	18° 7›10.94»	65°45›42.86»	Misión Cruz	Huesos de tortugas y otros (C)
PTOR 3	18° 8›9.67»	65°45›36.05»	**Toro Toro**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 3a	18° 8›9.67»	65°45›36.05»	**Huayllas Orko**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 4	18° 9›26.58»	65°45›2.04»	Molle Cancha	Huesos de tortugas y otros (C)
PTOR 5	18° 9›40.65»	65°45›46.28»	Estrellani-Saucini	Invertebrados marinos (P)
PTOR 6	18° 9›9.30»	65°46›4.27»	**Cruz Khasa**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 7	18° 8›24.83»	65°45›53.59»	**Cementerio**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 8	18° 7›43.15»	65°46›58.09»	**Tankarpampa**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 8a	18° 7›43.15»	65°46›58.09»	**Viluyo**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 8b	18° 7›43.15»	65°46›58.09»	**Huayra Khasa**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 9	18° 6›24.87»	65°48›38.79»	**Wara Wara**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 10	18° 4›53.53»	65°48›58.22»	**Laguna**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 11	18° 3›39.86»	65°49›59.07»	**Inca Corral**	Huellas de dinosaurios (M)
PTOR 12	18° 8›39.09»	65°43›9.60»	Huayllas	Invertebrados marinos (P)
PTOR 13	18°10›8.83»	65°41›5.35»	Qunurany	Invertebrados marinos (P)

Paleozoico (P), Mesozoico (M) y Cenozoico (C)

Cuadro 1.- Zonas Paleontológicas determinadas a través de GPS en el interior del Parque Nacional Toro Toro (Fuente SERNAP, Céspedes 2019)

Fotografía 20.- Huella de un terópodo adulto muy pequeño registrado en el sector de Huayllas (R.Céspedes 2016)

La región de Toro Toro fue declarada Parque Nacional en 1989, incluidas las huellas de dinosaurios que se encuentran en la región, por lo tanto sus icnitas se hallan bien cuidadas y preservadas, debido a que los habitantes y el gobierno central comprenden la importancia de preservar estos tesoros naturales; por ejemplo los visitantes y turistas deben ser acompañados de un guía especializado, evitando el vandalismo. Con estas medidas los pobladores y las autoridades de Toro Toro apoyan la preservación de estas importantes icnitas cretácicas.

Fotografía 21.- A la izquierda se muestra el sector con huellas de Terópodos registradas a pocos metros de la caverna Humajalanta, en 1980 y a la derecha se presenta el mismo sector fotografiado en 2017 (R.Céspedes)

Por lo antes señalado, Toro Toro es una de las localidades más importantes del país se encuentra posicionada dentro de las alternativas turísticas internacionales, no sólo por su belleza geológica y sus bien conservadas huellas de dinosaurios, sino también por las famosas cavernas que esta región posee. Por esta razón, Toro Toro ya se encuentra tramitando ante la UNESCO la declaratoria de Geoparque Andino, apoyados por las autoridades Municipales, Senadores y personalidades de nuestro país, que han permitido ubicar a Toro Toro en un escenario científico internacional, abriendo las puertas a un turismo sostenible y conservacionista.

Fotografía 22.- Grandes huellas de un saurópodos (89 cm) en el sector del Vergel, Toro Toro (R. Céspedes 2001)

Las Huellas del Velociraptor

En el año 2006, un equipo conformado por S. Apesteguia, G. Ríos y O. Medina, realizó una prospección en Toro Toro y registraron huellas de características distintas, que nos permitirían suponer que se trataban de dromeosaurios.

Fotografía 23.- Huellas de pequeños terópodos a los cuales les faltan parte del dedo interno por lo que se presume que se trataría de un dromeosaurio (Medina 2006).

Se trataban de icnitas aparentemente de pequeños terópodos a los cuales les faltaba una parte del dedo interno, luego de limpiarlas se elaboró un molde de una de las icnitas que formaban una rastrillada. Los hallazgos permitieron correlacionar estas huellas con los restos de esqueletos fósiles presentes en la Argentina. Por otra parte se evidenció al estudiar la réplica de la icnita (de unos 15 de largo), que estos dinosaurios tenían el segundo de sus cuatro dedos levantado en posición de ataque, el cual se presentaba entre los dos dedos que se apoyaban completamente en el suelo y contaban con uno más pequeño a un costado del pie, el raptor tenía un "medio dedo" y tenía una garra apuntando por encima del resto.

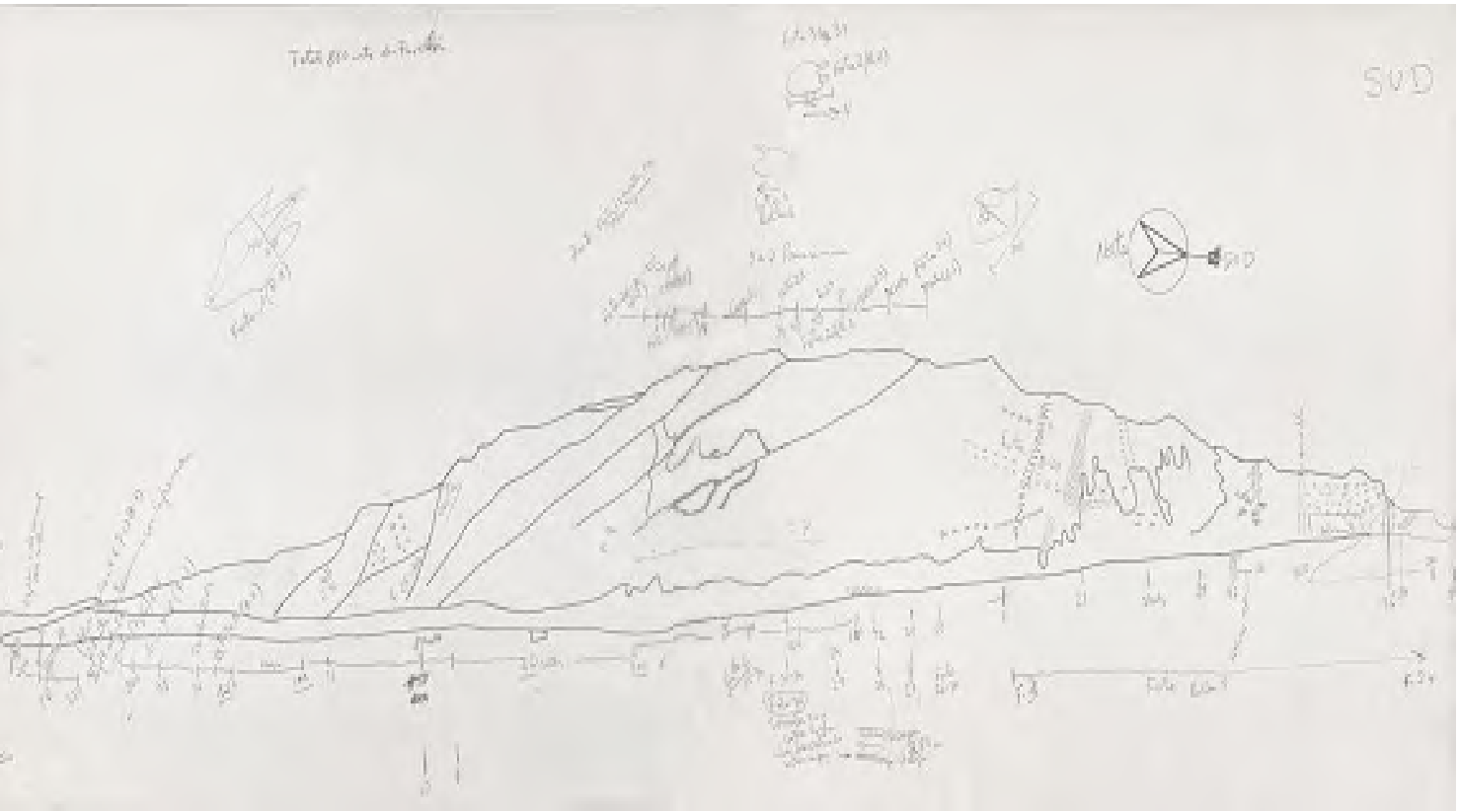
Al respecto, es preciso llevar adelante más investigaciones a través de las cuales, se registraría una mayor cantidad de icnitas, que permitirían conocer más de estos dinosaurios, que pertenecen a un grupo muy interesante y escaso.

DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA

Huellas de Cal Orck´o - Sucre

Como describimos anteriormente, las huellas de dinosaurios en Cal Orck'o fueron reconocidas originalmente por los trabajadores y empleados de la fábrica de cemento FANCESA, mismos que anoticiaron del hallazgo al geólogo Hugo Heymann. La zona fue visitada en 1994 por Mario Suarez Riglos, quien realizó el primer reporte científico, publicando el descubrimiento en enero del año 1995 en un documento oficial de la Asociación Sucrense de Ecología (Suarez 1995). Estas huellas también fueron reconocidas por el paleontólogo tarijeño Freddy Paredes en el mismo año. Durante ese año la localidad de Cal Orck'o fue visitada por una misión franco boliviana integrada por el Dr. Christian de Muizon del Museo Nacional de Historia de Paris-Francia, el Dr. Mario Suarez Museo de Historia Natural de Santa Cruz, el MSc. Ricardo Céspedes del Museo de la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba y el estudiante David Keremba Mamani, presidente de Sociedad Científica Universitaria de Paleontología (SOCIUPA).

El Perfil de Cal Orck´o del año 1994, fue realizado por el Dr. Mario Suarez en base a fotografías tomadas en el sitio, donde se evidenció la existencia de 19 formas diferentes de huellas, hoy muchas ya desaparecidas.



Dibujo 1. Primer Perfil del panel, dibujado a mano alzada del panel por el Dr. Mario Suarez en 1994

El área de Cal Orck´o, cerca de Sucre, muestra una superficie de capas geológicas cretácicas, con huellas de dinosaurios, de excepcional longitud y numerosa cantidad. Actualmente su extensión aproximada es de 64.968 m^2.

Tanto la publicación (Suarez 1995) como el recorrido con las autoridades chuquisaqueñas sirvieron para informar no sólo al mundo científico, sino a la población local y empresarios de la importancia de este hallazgo. Es por esta razón que, tres años después en mayo de 1998, se tuvo la visita de una misión científica para estudiar con más detalle las huellas de dinosaurio de Cal Orck'o; el mencionado trabajó se realizó entre julio y agosto del mismo año. La expedición estaba integrada por miembros de la universidad de Basilea, dirigidos por Dr. Christian A. Meyer, además de los Dr. S. Bucher, Dr. D. Hippler, A. Lüdin Dr. L. Cavin, J, Salomón y Prof. M. Lockley (Denver, USA), Dr. Giuseppe Leonardi (Napoles, Italia), Dr. K. Graf (Basilea), Dr. A. Schulp (Maastricht-Holanda), V. Spencer (Denver), J. Meyer (Lund) y R. Blazer de la televisión nacional Suiza. La ayuda local vino de la Sociedad Científica Universitaria de Paleontología (SOCIUPA), FANCESA (Fábrica Nacional de Cemento), Alcaldía de Sucre y del Dr. M. Suárez-Riglos (YPFB- Santa Cruz). Posteriormente geólogos de YPFB - Santa Cruz, encabezados por el Geólogo Oscar López Paulsen, visitaron la cantera de esta importante muestra de huellas de dinosaurios.

Fotografía 24.- Panel rocoso de Cal Orck'o. En el que se observa la gran remoción de tierras con el grupo de huellas de saurópodos (Lizarraga 2007)

Fotografía 25.- Huellas de Titanosaurio registradas en el farellón de Cal Ork'o (Céspedes 2012)

Las capas de huellas están situadas en la formación de El Molino, que forma parte del Supergrupo Puca. La edad geológica es cretácica tardía (Maastrichtiano) y ha sido fechada por significativos datos isotópicos, magnetoestratigrafía, fósiles marinos y trabajos especializados con marismas. Dentro de la cantera se tiene sedimentos cretácicos de las formaciones Sucre, Aroifilla y la formación El Molino, que aflora en el centro del llamado cerro Cal Orck´o y yacen sobre sedimentos paleozoicos. Debido a las operaciones de la cantera, se expone un muro grande inclinado con 72° hacia el oeste. Ésta es la capa donde las primeras huellas de dinosaurio fueron observadas. La longitud del muro es de 1.5 km, y su altura varia de 20-135 m.

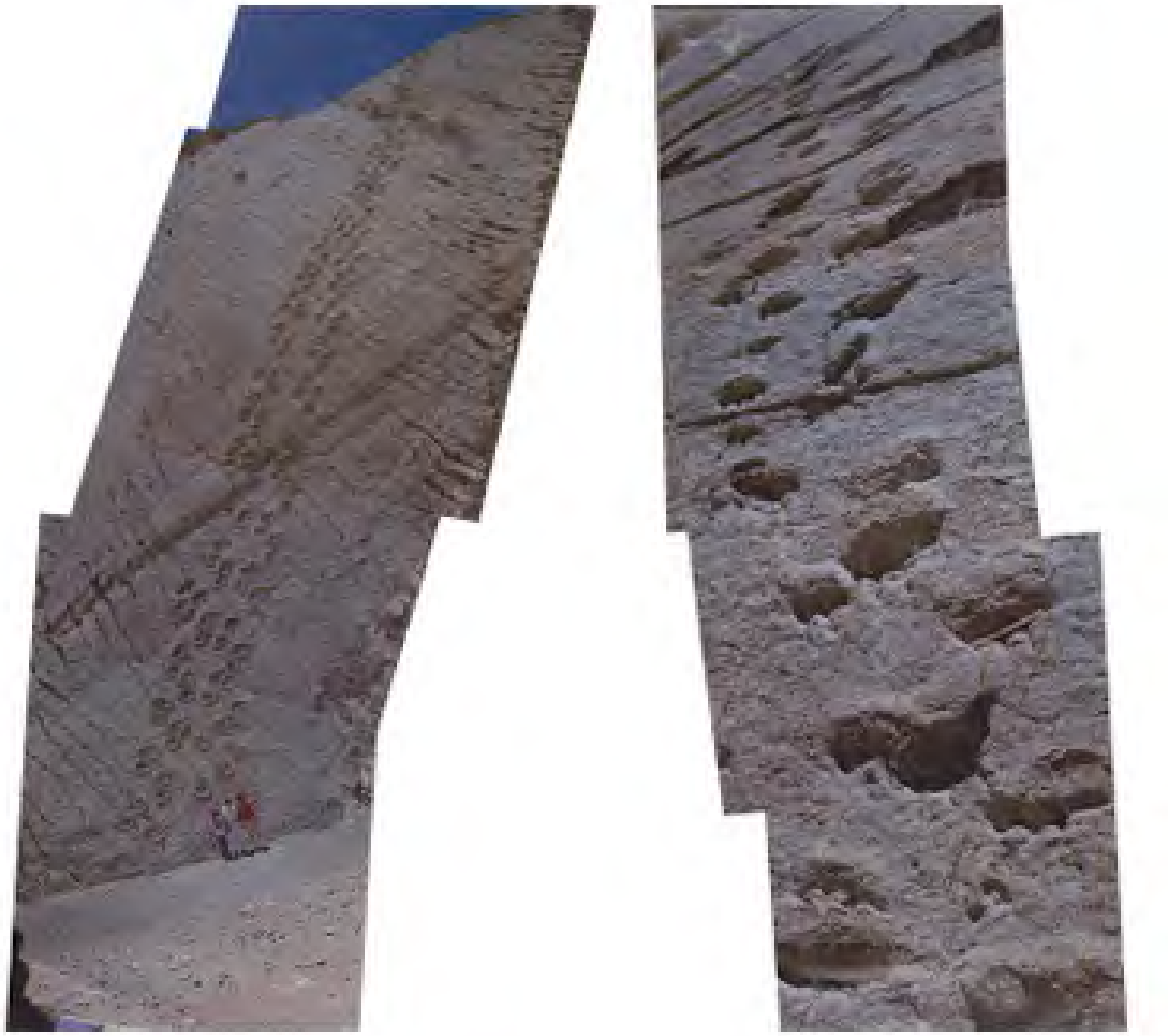
El muro de roca caliza, donde las huellas de dinosaurio son observadas, es empinado e inclinado y sólo se puede trabajar con equipo especial de alpinismo. En 1998, se registraron más de 250 huellas. Un primer mapa se ha producido por medio de un láser distrómetro, GPS y se han detectado huellas individuales medidas y aceptadas para el mismo muro de 6 tipos diferentes de dinosaurios que fueron documentados. Las huellas más asombrosas fueron aquellas de titanosaurios cuadrúpedos, animales herbívoros con un tamaño de entre 15-25m, hoy desaparecidas. Las huellas de dinosaurios carnívoros bipedales también son muy comunes, ellas fueron hechas por animales de diferentes tamaños registrados desde 1.2m hasta 6m de altura. Las huellas de dinosaurios ornitópodos son menos comunes, pero no obstante demuestran la presencia de animales de tamaño pequeño e intermedio que tendrían una altura de aproximadamente 4m. Las huellas científicamente más importantes son las de los anquilosaurios, animales de cuatro patas con una pesada armadura, que también han sido observadas y estudiadas.

La cantera muestra siete diferentes niveles con huellas. El principal nivel es una piedra caliza silicosa que ha sido depositada en un lago de agua dulce, que puede ser demostrado por los restos de fósil de peces, tortugas, cocodrilos y caracoles de agua dulce. Los dinosaurios probablemente visitaban los lagos para tomar agua y alimentarse de algas y peces.

En 2003 el museo de Historia Natural de Basilea (Basel), fue contratado por la Alcaldía de Sucre para llevar a cabo un análisis geológico y paleontológico y elaborar un concepto para la conservación y protección, en el lugar de Cal Orck'O. Un equipo de especialistas, a la cabeza del Dr. Christian A. Meyer (Basilea), Dr. K. Graf (Berna), Dr. S. Bucher (Basilea), B. Thüring (Basilea) y R. Blaser (televisión nacional de Suiza) visitaron el lugar de Cal Orck´o, desde el 28 de febrero hasta el 10 de marzo. El soporte logístico provino de la alcaldía (R. Acosta, U. Mallsius), FANCESA, el Instituto Cultural Boliviano Alemán (G. Mielke), Abbey Path (K. Schuett) y Leica Geosystems (Suiza). El informe técnico fue entregado a la Alcaldía.

El objetivo de este documento es presentar sin ninguna duda, el valor universal excepcional del área, debido a su contenido (pistas de dinosaurios, fósiles de invertebrados y de vertebrados) y a la grandiosidad del yacimiento. Éste abarca la mayoría de los elementos relacionados a la paleontología, (e.g. diversos icnotaxas, comportamiento singular y social, hábitat, etc.) en su estado natural (característica natural). Es interesante pues observar, que casi, en el límite de K/T (Cretácico/Terciario), se presentan las huellas de raros anquilosaurios. La presentación de una vasta asociación de los dinosaurios del Gondwana, el número más grande de huellas en el mundo entero y el sitio más grande conocido hasta la fecha, hace su valor excepcional, a nivel universal; además, es una característica natural que no es ni repetible ni reemplazable.

El nivel principal de huellas documentado comprende aproximadamente 64.968 m^2 (2006), desde 1998 se adicionaron 8.000 m^2 más, que han sido descubiertos por niveles en las canteras operacionales trabajadas. La superficie de la cantera es casi vertical (72°) con pendiente hacia el este. Ocho diferentes morfotipos pueden ser diferenciados, entre estos están huellas de tridáctilo (largo 35 cm), otros más pequeños (largo 15 cm) y otros aún más pequeños (largo 10 cm) que fueron hechos por terópodos. Los pies de los titanosaurios saurópodos (largo 70 cm) son de forma oval y también se observan huellas de dedos sin garras de tridáctilos grandes y pequeños, de ornitópodos (largo 30 cm y 15 cm respectivamente), además, de forma elipsoidal y rastrillos de tamaño medio que puede ser atribuido a Teroforanos quizás anquilosaurios (largo 35 cm). Se contaron 5.055 pisadas debidamente documentadas. Los terópodos y saurópodos han sido los dinosaurios que hicieron la mayoría de las pisadas. Por ejemplo, 462 huellas pueden ser seguidas por varios metros; entre ellos hay un segmento de un pequeño terópodo que puede ser visto por más que 580 metros, siendo el más largo del mundo, todo un record, pequeños terópodos (241 individuos) y titanosaurios sauropodos (148 individuos) son los más observables.



Fotografía 26.- Reconstrucción fotografíca de las huellas de Titanosaurios realizada en 1994 (M. Suarez 1994)

La fotografía de Cal Orck´o corresponde al año 1994, y fueron tomadas por Mario Suárez R., a la izquierda se notan las huellas de saurópodos hoy desaparecidas, y a la derecha las espectaculares huellas de anquilosaurios. (Regla de 30 centímetros dentro de una huella).

Una inspección más cercana muestra dos frecuentes morfotipos de terópodos, uno es delgado, dígitos bien puntiagudos, mientras que otros muestran impresiones más superficiales, con dígitos redondeados. Las huellas de ornitópodos muestran dedos de los pies redondeados, el ángulo interdigital es más grande y el ángulo del paso es típicamente más bajo que los terópodos. Las huellas de los saurópodos tienen un paso anterior-posterior largo, con una pata delantera ancha. Las huellas de los anquilosaurios tetradáctiles, más anchos que largas, con dedos de pies bien desarrollados (digito II y III) y es el primer reportaje en el continente de América del Sur (Mc Crea et al., 2000).

Empleando procedimientos icnológicos normales podemos deducir que los saurópodos titanosauriformes estaban representados por animales con una longitud entre 15-20 metros y los más jóvenes con un total de longitud

aproximada 7-12 metros, mismos que también están representados, pero son raros. El registro de los dinosaurios terópodos, entre pequeños con un cuerpo de 1 metro de longitud , a una clase de tamaño intermedio con 3-4 metros y animales muy grandes que tienen una longitud de 6-8 metros, están muy bien conservados. El registro ornitópodos es bien definido con pequeños individuos de 3 metros y los más grandes de 6 metros de longitud. Los anquilosaurios tuvieron un cuerpo de 6 metros de longitud, las huellas escasas indican que los animales de 8-10 metros de largo de cuerpo son raros.

Los diagramas rosas de las direcciones de huellas, muestran un comportamiento diferencial entre la taxa de los dinosaurios. Mucho de los terópodos carnívoros preferidos se encuentran viajando en dirección norte sur, paralela a las orillas de las marismas cretácicas. Las huellas de sauropodos, anquilosaurios y ornitópodos (herbívoros) se trasladan del oeste al este, más o menos perpendicular a la dirección de los terópodos. Este patrón puede indicar una estrategia de alimentación diferente.

Fotografía 27.- Huellas de Titanosaurio en Cal Ork'o (Céspedes 2012)

Fotografía 28.- Caminata de Titanosaurio en Cal Orck'o en 1995, hoy desaparecida. (M. Suarez 1995)

Hacia el norte de Cal Orck´o continúan los afloramientos cretácicos, que merecen una investigación profunda para identificar huellas o fósiles de esas edades, creemos que se podrían conectar todos los afloramientos del Grupo Puca con huellas y fósiles. Una prueba de ello es que los afloramientos de Huata y El Romeral, han mostrado fragmentos de huesos, icnitas y estromatolitos, evidenciándose que las huellas se seguirán encontrando en todo el territorio boliviano donde afloran rocas del cretácico.

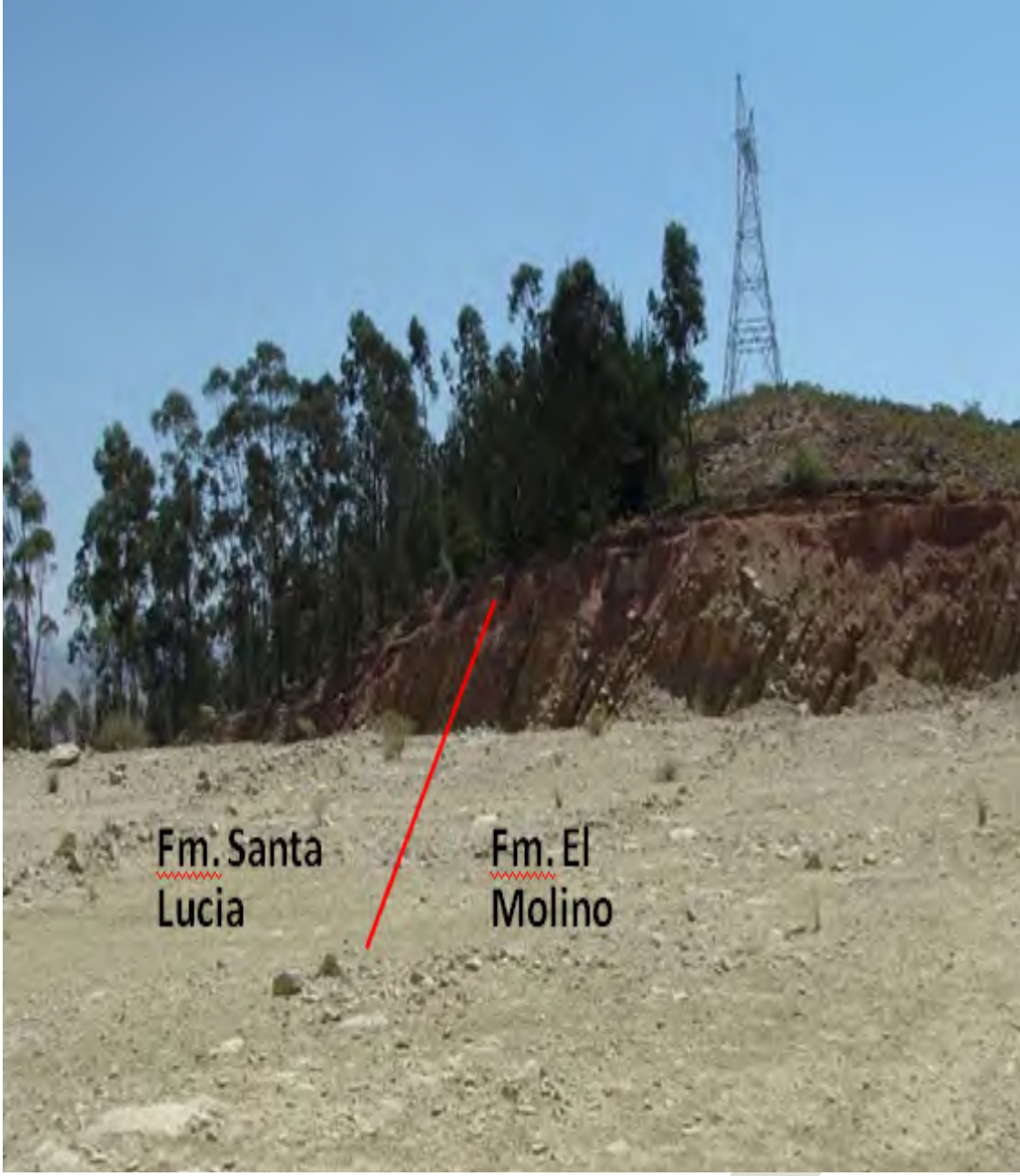
En los últimos trabajos que se hicieron en este yacimiento, se indica que "Cal Orck'o es el yacimiento de huellas más importante localizado en el mundo, en términos de tamaño diversidad y valor geológico".

El último estudio realizado por el Doctor Cristian Meyer, en 2015, muestra resultados que sorprenden al mundo y a la ciencia: más de 12.093 huellas individuales, 465 rastrilladas diferentes, 9 especies identificadas, en una superficie de 64.968 m^2.

Otro de sus records es la más larga rastrillada continua de un dinosaurio terópodo, que puede ser seguida por 620 metros.

Cerros Sica Sica y Churuquella

El trabajo de investigación más interesante sobre estas dos localidades fue realizado por los geólogos argentinos Alejandro Haluza y Juan Ignacio Canale, llevado adelante a mediados de 2006 por encargo de la Alcaldía de Sucre, trabajos que a fines de 2007 tuvieron como contraparte al equipo de PALEOFORMA, que relevaron datos geológicos de Sica Sica y Churuquella (coordenadas latitudinales y longitudinales de cada localidad analizada), así como la identificación de las formaciones en ambas localidades.



Fotografía 29.- Vista general del contacto no erosivo entre las Formaciones. El Molino y Santa Lucia en el perfil de Cal Orck´o. (Haluza & Canale 2007)

Asimismo, el geólogo Hugo Heymann en octubre de 2006, registró una plataforma con huellas de dinosaurios, ubicada en la falda occidental del Cerro Sica-Sica en afloramientos del Cretácico. Posteriormente la localidad fue visitada por el paleontólogo Meyers y el Grupo PALEOFORMA en 2007, que hallaron un nuevo yacimiento de huellas de dinosaurios, esta vez en las faldas del cerro Churuquella (Av. del Ejército).

Las icnitas encontradas y un mapeo general de las huellas, se consolidaron en un documento presentado a la Alcaldía de Sucre titulado "Resultados de la prospección y estudio de los sitios paleoicnológicos de los Cerros Sica Sica y Churuquella, Sucre, Departamento Chuquisaca, República de Bolivia", que permitieron al Honorable Concejo Municipal de Sucre declarar a estas localidades como Zona de Protección Paleontológica.

Los resultados de la investigación de campo realizada fueron los siguientes: Las rocas que afloran en los alrededores de Sucre se encuentran agrupadas

en el extenso Grupo Puca (Jaillard & Sempere, 1991; Fiedler *et. al.*, 2003; Meyer *et. al.*, 2003, Haluza & Canale 2007). En el área de Sucre y sus alrededores se pueden identificar tres de las Formaciones de éste grupo: Chaunaca (Cretácico inferior), El Molino (Cretácico Superior) y Santa Lucía.

La Formación Chaunaca posee una litología marcada por una serie de cambios faciales, el "Miembro Inferior" corresponde predominantemente a pelitas oscuras con intercalaciones de bancos de areniscas. El "Miembro Medio" está compuesto casi exclusivamente por areniscas rojizas medias a gruesas, con frecuente estratificación entrecruzada y bioturbación; por último el "Miembro Superior", está compuesto por arcillas yesíferas anaranjadas, rojas y violáceas, con intercalaciones de bancos de grauvacas (roca detrítica formada por la consolidación de los minerales), siendo verde claro hacia la parte superior.

La Formación El Molino, suprayase concordantemente con la Formación Chaunaca mostrando un contacto no erosivo en el perfil de Cal Orck´o. Esta unidad presenta un desarrollo relativamente homogéneo alternando bancos de calizas estromatolíticas correspondientes a la clasificación de algas azul verdes marinas y lacustres. Los aportes silicoclásticos son más importantes en la parte basal de la Formación, mientras que en la parte superior los bancos de calizas son más potentes y preponderantes.

Fotografía 30.- Vista general del contacto no erosivo entre las Formaciones Chaunaca y El Molino en el perfil de Cal Orck´o. (Haluza & Canale 2007)

Haluza y Canale se refieren a la presencia de sedimentos de la Formación Santa Lucía del Paleógeno, en un pequeño afloramiento en el sinclinal de Cal Ork'o, que suprayace a la Formación El Molino (Haluza & Canale 2007).

Los autores mencionan que las unidades portadoras de las huellas en ambos sitios corresponden a la Formación Chaunaca, el Cerro Churuquella al "Miembro Medio" y el Cerro Sica Sica al "Miembro Superior", siendo así que corresponden probablemente al piso Campaniano del Cretácico Superior de 86 y 73 millones de años (Suarez 96), proponiendo que dichas huellas son más antiguas que las del farallón de Cal Orck´o que corresponden a la Formación El Molino de 73 a 65 millones de años.

El registro paleoicnólogo pertenece al Cerro Churuquella (S 19º 03´ 27,4"/W 065º 15´ 27,1"), los estratos corresponden a los niveles superiores del "Miembro Medio" de la Formación Chaunaca, mostrando un buzamiento vertical. El nivel portador es de areniscas finas rojizas muy bioturbadas, con trazas tubulares meniscadas simples de la icnofacie continental de *Scoyenia* (Buatois *et. al.*, 2002).

Fotografía 31.- Detalle del nivel portador de icnitas en el cerro Churuquella, muy bioturbado con trazas tubulares meniscadas simples de la icnofacies continental de Scoyenia. (Haluza & Canale 2007)

En esta localidad, las huellas se encuentran en un estrato de arenisca roja bien consolidada, altamente bioturbada, correspondiente a la parte superior del "Miembro Medio" de la Formación Chaunaca. El nivel de erosión no permite una identificación satisfactoria de todo el material icnológico. La única icnita que se puede identificar confiablemente es atribuible a un Theropoda indet, de gran tamaño (63 cm. de largo). Las huellas se encuentran en dos sectores que se presentan como paredes verticales de aproximadamente 5 metros de alto por 4 metros de ancho**"** (Haluza & Canale 2007).

Fotografía 32.- Huellas en el sitio de Churuquella "Planchon 1" (izquierda) y el "Planchon 2" (derecha). Haluza & Canale 2007.

El Cerro Sica Sica alberga al sitio paleoicnológico SSH (S 19° 03´ 17,0"/W 065° 14´ 53,6"), que aflora en la ladera Oeste del cerro Sica-Sica. Los estratos corresponden a los niveles superiores del "Miembro Superior" de la Formación Chaunaca, donde se puede observar intercalaciones de bancos de grauvacas verde claro. El nivel portador está conformado por pelitas un poco arenosas grises con poco cemento. Esto hace que el nivel portador se presente como terrones deleznables por la meteorización, por esto la preservación de las icnitas no es buena, en consecuencia el avance de los procesos erosivos es muy rápido.

Fotografía 33.- Diagrama mostrando los sitios paleoicnológicos SSH 1 y SSH 2(Haluza & Canale 2007)

En esta localidad, las huellas se han preservado en una capa de arcillas grises, correspondientes a los niveles superiores del "Miembro Superior" de la Formación Chaunaca. Se han podido identificar 77 huellas, pero afloran estructuras que podrían corresponder a muchas otras huellas, que por su estado de preservación, no permiten una identificación confiable. Todo el material relevado es atribuible a huellas de Dinosaurios Saurópodos Titanosauria.

También citan el hallazgo de algunas huellas registradas por los integrantes de SOCIUPA, en la "Avenida del Ejército" (sitio CH 2; S 19° 03´ 25,1"/W 065° 15´ 24,3"), perteneciente al "Miembro Medio" de la Formación Chaunaca. El material puede atribuirse a una huella de la mano de un Ankylosaurio y una huella de la pata de un terópodo (Haluza & Canale 2007). El material está relativamente bien preservado.

Fotografía 34.- A la derecha una huella de la mano de un Ankylosaurio y a la izquierda una huella de Theropoda (Haluza & Canale 2007)

Los aspectos más importantes están relacionados con la cronología, ya que se considera, como uno de los portadores no menos importantes de icnitas a la Formación Chaunaca, en los alrededores de la Capital Sucre.

Sinclinal de Maragua y sus alrededores

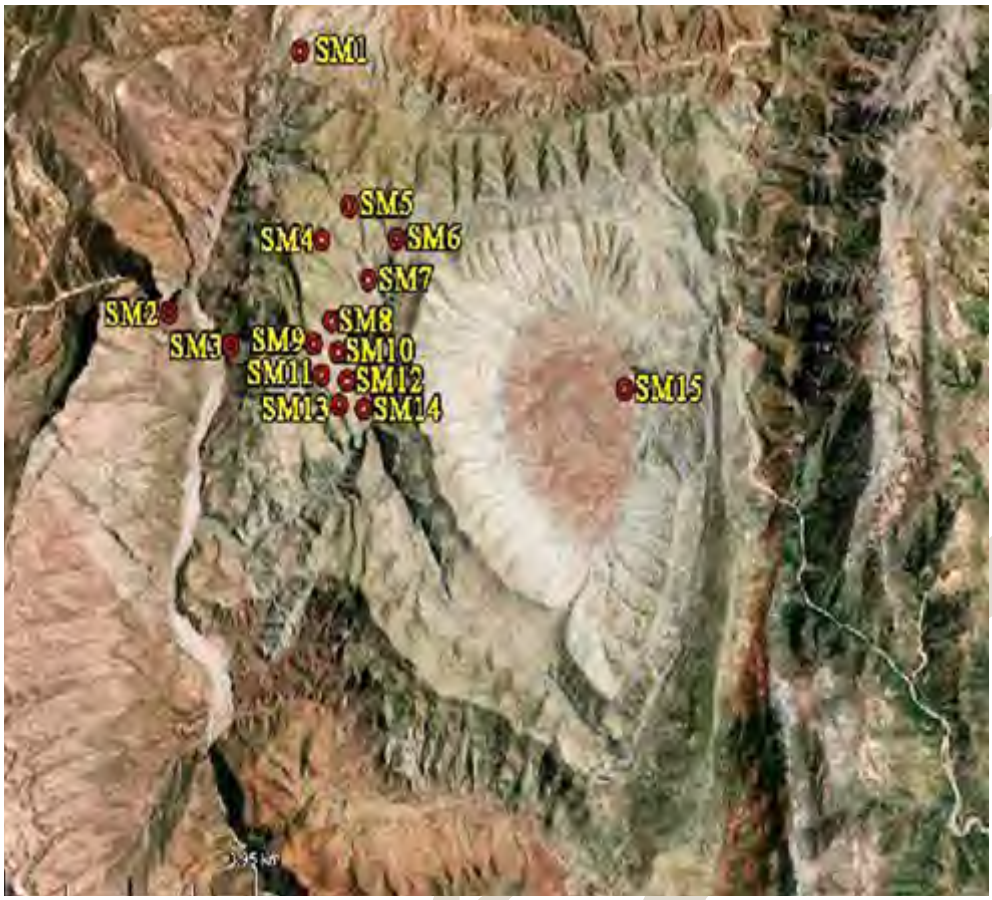
El sinclinal de Maragua se encuentra a 70 km de la ciudad de Sucre, Provincia Oropeza, al norte de la ciudad de Sucre.

Es un escenario natural de gran belleza polícroma extraordinaria, los diferentes colores de las rocas mesozoicas del Grupo Puca, especialmente cretácicas y cenozoicas, se muestran en toda su magnificencia desde las alturas del camino. El sinclinal tiene una circunferencia de aproximadamente 20 kilómetros en un gran semicírculo.

La región de Maragua, fue primeramente conocida por su riqueza etnográfica ya que pertenece a la comunidad indígena Jalq'a quienes están considerados como los más eximios artesanos, cuyos tejidos corresponden

a los más bellos de Bolivia. Los Jalq'a, pertenecen a un grupo social que se encuentran asentados en el norte y oeste de la ciudad de Sucre en la Provincia Oropeza (Departamento de Chuquisaca) y en la provincia de Chayanta (Departamento de Potosí).

La geología de la región impresionó a varios investigadores que realizaron relevamientos de Maragua, durante la década de los 60 a 70 (Branisa 1965 y Ahlfeld 1972). Los más de 20 kilómetros de circunferencia constituyen un "aguayo" multicolor que nos abre a la imaginación de cómo fueron los ambientes que reinaban durante el Cretácico.



Mapa 1.- Ubicación de las zonas paleontológicas en alrededores y dentro del sinclinal de Maragua. Medina 2016

Fotografía 35.- Vista del sinclinal de Maragua (O. Medina 2016)

Zona	Localidad	Latitud S	Longitud W	Restos fósiles
SM1	Bioturbaciones antes de potolo	19º0'58.38"	65º30'55.09"	icnofósiles (C)
SM2	Potolo, represa de Lirio Mayu (Janaj cucho)	19º1'59.14"	65º33'42"	Huellas de dinosaurios (M)
SM3	3ª parada	19º2'24.65"	65º31'19.44"	Huellas de dinosaurios (M)
SM4	4ª parada (Chulku mayu)	19º3'5.54"	65º28'42.25"	Huellas de dinosaurios (M)
SM5	5ª parada (coprolitos)	19º3'27.02"	65º28'15.63"	Coprolitos (M)
SM6	6ª parada (horizonte de bivalvos)	19º3'38.72"	65º28'22.09"	Gastrópodos (M)
SM7	7ª parada (posición dientes)	19º3'32.02"	65º28'21.74"	Restos óseos (M)
SM8	Museo de sitio (Gregorio Koragua)	19º3'37.79"	65º28'26.33"	Restos óseos (M)
SM9	8ª parada (Kellu kellu jata, mandibula cocodrilo)	19º3'30.22"	65º28'48.85"	Restos óseos (M)
SM10	9ª parada (río Mojón jata, zona de hundimiento)	19º3'44.59"	65º28'53.89"	Huellas de dinosaurios (M)
SM11	10ª parada (Huayrani kasa, huellas de saurópodos)	19º3'48.77"	65º28'47.91"	Huellas de dinosaurios (M)
SM12	11º parada (sitio Niñu mayu)	19º3'57.85"	65º28'43.86"	Huellas de dinosaurios (M)
SM13	Lugar de campamento	19º4'03.65"	65º28'36.65"	Huellas de dinosaurios (M)
SM14	12ª parada (ore pajlla, sitio Humaca)	19º4'40.58"	65º28'00.80"	Huellas de dinosaurios (M)
SM15	Museo de Irupampa (Don Crespin)	19º3'35.05"	65º25'13.85"	Restos óseos (C)

Mesozoico (M) y Cenozoico (C)

Cuadro 2.- Zonas paleontológicas en puntos GPS en alrededores y dentro del sinclinal de Maragua. Medina 2016

El Sinclinal está conformado mayoritariamente por la formación El Molino de 73 a 65 millones de años, evidenciado por la presencia de *Pukalitus steinmani* (algas estromatoliticas), turritélidos (gasterópodos) y en algunas capas peces como *Gasteroclupea branisai* y *Pucapristis branisi*. En el exterior infrayase sobre la Formación Chaunaca 80 a 73 millones de años (Chaunaca, Collpaqhuchu, Chullpas) y el límite superior suprayace en el centro del cuenco la Formación Santa Lucia de 65 a 62 millones de años (Irupampa) y el cuaternario.

Adicionalmente, se identificaron fósiles como *Gasteroclupea branisai* por debajo de estas icnitas que marcan estratos intermedios de la Formación El Molino. Además, se realizaron reuniones con las comunidades campesinas

Fotografía 36.- Relevamiento de icnitas en Maragua (O. Medina 2016)

cercanas para concientizar de la importancia de estos hallazgos, y a futuro impulsar el turismo científico en la región, proponiendo su preservación inmediata. En esa compaña también se registró el hallazgo de un cráneo de aproximadamente 50 cm. de largo y mandíbula de un cocodrilo Cretácico.

En varios sectores del sinclinal y sus alrededores se encuentran importantes sitios con huellas de dinosaurios muy bien conservadas, la mayoría sin haber sido descritas científicamente como Humaca, Niñumayu, Ore-Pajla, Quila Quila, Chaunaca, Tontorca, Laja-Laja, Pucajata Majara, Matarayoj, Mortinqhaca, Ch'ulqumayoj, San Bruno, Jatun Jata, Moradoqhasa, Chulqumayu, Ukhumayu, Sienagayoj, Huanco-Huanco, Misqhamayu, Lloqhemayu, Ch'urumayu y Socapampa.

En estos parajes se encuentran las huellas de numerosos dinosaurios, Saurópodos, Terópodos y Ornitópodos quizás de otras familias por estudiar. Es también en esta región, que se registró el hallazgo de las pisadas de un terópodo que puede considerarse como una de las más grandes del mundo, probablemente de un Abelisourideo gigante (Apesteguia 2015).

Es un escenario natural de belleza polícroma extraordinaria. Los diferentes colores de las rocas mesozoicas del Grupo Puca, especialmente cretácicas y cenozoicas se muestran en toda su magnificencia desde las alturas del camino. El sinclinal tiene una circunferencia de aproximadamente 20 kilómetros en un gran semicírculo.

El sinclinal de Maragua es territorio único, debido a los diferentes estratos coloridos de las rocas Cretácicas y Paleógenos. El sinclinal forma un gigantesco cuenco natural, en el que se puede leer la historia geológica desde los 80 millones de años a hoy, y donde se advierte la conservación de miles de huellas de dinosaurios que pisaron estos lugares hace millones de años atrás. Esta belleza geológica paisajística se fortalece por su gente, los Jalq'as, quienes plasman en sus hermosos tejidos los dos mundos que podemos observar desde las alturas, el mundo de arriba (hanan pacha), el mundo en el que vivimos (kay pacha) y el de abajo (Uku pacha).

En este afloramiento rocoso no solo se reúne información geológica y paleontológica, sino sus habitantes expresan su conocimiento ancestral en el arte textil y en sus costumbres culturales.

Humaca

Un estudio preliminar de las huellas de Humaca en el departamento de Chuquisaca revela, 11 pistas paralelas de saurópodos subadultos que viajaban en dirección Oeste-Noroeste como grupo. La cercana localidad de Cal Orck´o preserva más variación de adultos, las huellas de Humaca han sido interpretadas como un comportamiento social entre los pequeños titanosaurios, junto con las de Toro Toro, representan uno de los pocos ejemplos de lugares en el cretácico tardío donde se evidencia la presencia de "manadas" de sauropodos.

Adicionalmente, se evidencia la distinta morfología de las huellas de los titanosaurios, cuyas patas delanteras son más pequeñas y las traseras más robustas y grandes, así también la diferenciación de adultos y juveniles. Podemos comparar estas huellas con un conjunto de huellas de la misma edad de titanosaurios maastrichtianos, cercanos a Fumayna España, parece ser que los titanosaurios fueron desde angostos a moderados en anchura, cuando eran adultos con una mano grande (el radio mano-pie o heteropodismo cercano a 1:2).

Los individuos pequeños o subadultos, pueden tener una anchura angosta en muchos casos.

Los recientes descubrimientos de Humaca y Cal Orck´o revelan también una abundancia de pistas de terópodos de varios tamaños, sugiriendo que los terópodos (saurópodos o saurisquios), dominaban estos grupos tal como se observa en Toro Toro.

El detalle del contexto de preservación de las huellas de terópodos y saurópodos en los tres sitios, es diferente y requieren un estudio posterior, pero en particular Cal Orck´o, presenta un sitio lagunar bien desarrollado y perenne, con una rica fauna acuática. En otros sitios cercanos a Cal Orck´o, se identificaron sitios con muchas huellas, haciendo del lugar un sitio potencial, muy rico en huellas de dinosaurios.

Fotografía 37.- Del afloramiento de la Formación El Molino, mostrado las huellas en la zona de HUMACA O. Medina 2016

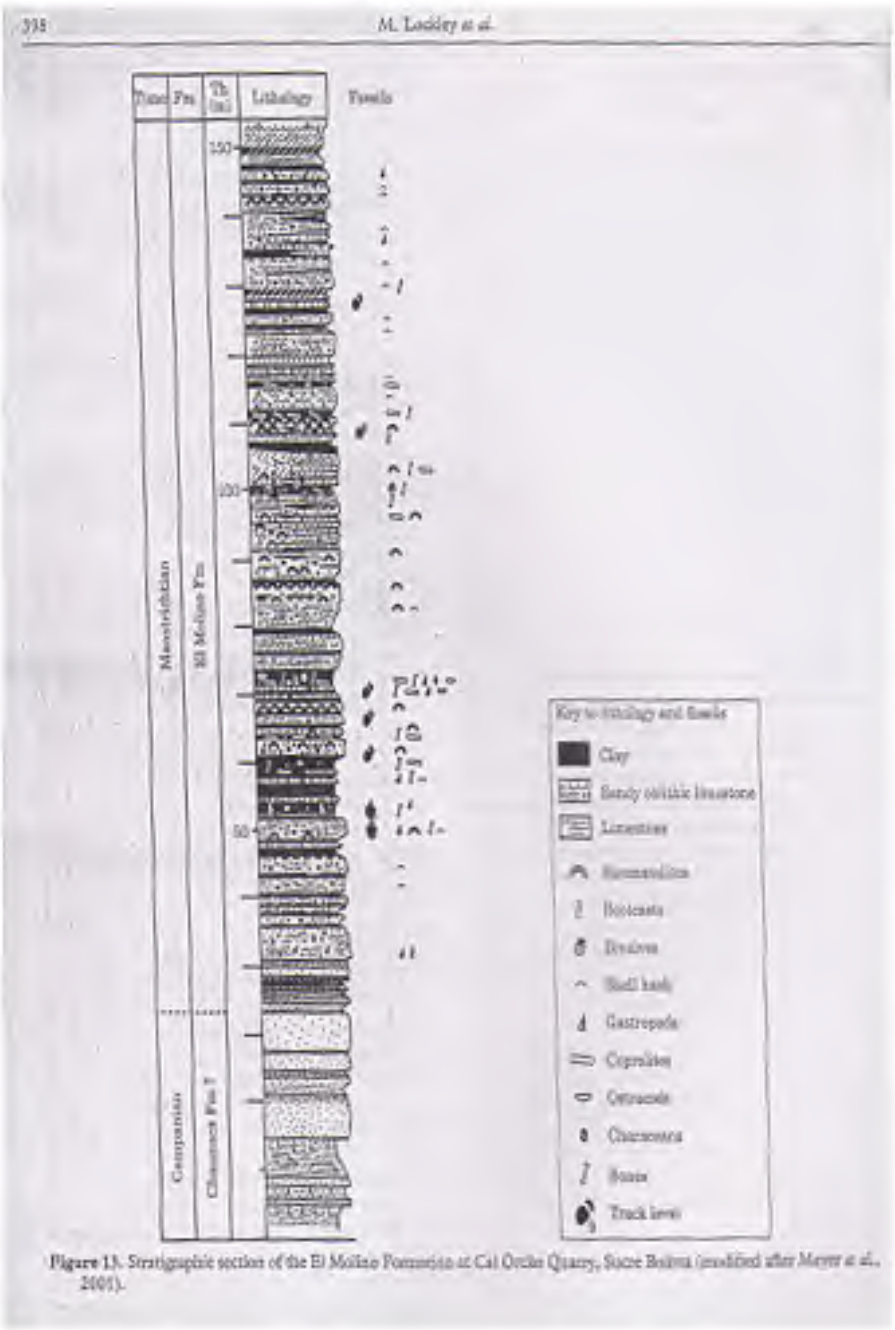


Figure 13. Stratigraphic section of the El Molino Formation at Cal Orcko Quarry, Sucre Bolivia (modified after Meyer et al., 2001).

Figure 1. Top, location of dinosaur tracksites in Bolivia (modified after Leonardi, 1994) with, below, detail of location of Cal Orcko and Humaca sites near Sucre.

Imagen 7.-Sección estratigráfica de la Formación El Molino a la izquierda, y a la derecha arriba Lockley nos muestra los tres principales lugares de la Potosí y Chuquisaca, abajo izquierda un detalle de lugares cercanos a Sucre.

Humaca muestra evidencia de comportamiento gregario, con individuos jóvenes de saurópodos ubicados sobre el rastro central, es decir, rodeados de los adultos. Es de destacar que en el mismo sitio se han registrado huellas de terópodos que presumiblemente iban detrás de la manada, a la espera de cazar una cría o un saurópodo enfermo. En las últimas incursiones a este sitio, se encontraron huellas de un gran ornitópodo, grupo no registrado anteriormente en el lugar.

Niñu Mayu

Esta localidad fue reportada por miembros de la Sociedad Científica Universitaria de Paleontología (SOCIUPA), describiendo la existencia de fósiles invertebrados.

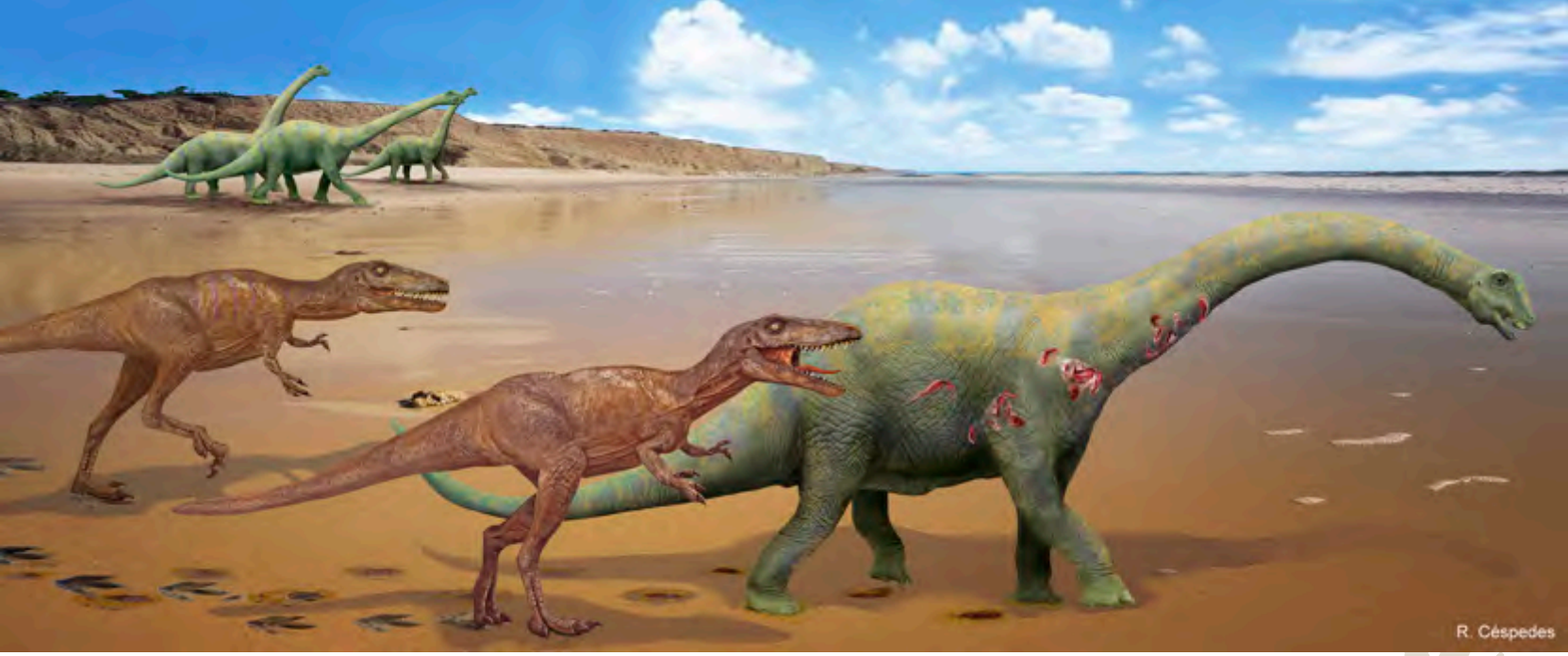
Fotografía 38.- Dr. Muizon del Museo Nacional de Historia Natural de Paris junto a las huellas de un gigantesco terópodo QuilaQuila, Sucre en 1995 (R. Céspedes 1995)

Fotografía 39.- Huellas de un gran terópodo probablemente Abelosaurio registradas en 1995 en Maragua, Sucre (R. Céspedes 1995)

Posteriormente, en una expedición organizada por SOCIUPA, en noviembre de 1995, se realizó el hallazgo importante del yacimiento paleontológico de icnitas, en el lugar denominado Ore-Pajla en un afluente del río Khoya Mayu. También se registraron otras localidades de icnitas en la zona de Maragua y Quila Quila, como es el caso de Niñumayu (D. Keremba, M. Suarez, C. de Muizon & R. Céspedes), en las cuales, se presentan largas corridas de grandes terópodos y saurópodos.

A mediados del mes de septiembre de 2007, se realizaron trabajos de campo en los yacimientos de Huellas de dinosaurio en Niñu Mayu (sector Quila Quila), próximos a la localidad de Maragua (O. Medina, D. Fernández, A. Quispe & W. Ramos).

Niñu Mayu posee una notoria riqueza de micrositios, cada uno con notables huellas. Chulku Mayu muestra pocos rastros de saurópodos grandes, que se desplazaban en dirección oeste, pero también, algunos metros al norte, se encontraron dos huellas de más de un metro de largo de un terópodo con forma distinta a la de los abelisaurios, más acordes con tetanuros de tipo megaraptores. Con esas proporciones, el animal alcanzaría aproximadamente unos 14 metros de longitud, hallándose entre los mayores dinosaurios carnívoros del mundo. Adicionalmente, se reportaron huellas de anquilosaurios juveniles.



Imágen 8.- Reconstrucción de una escena de caza en Maragua de ataque del gigantesco megaraptor a un saurópodo braquiosáuridos hace 70 millones de años.

Fotografía 40.- Rastrillada de un anquilosaurio juvenil en Niñu mayu (O. Medina 2016)

Fotografía 41.- Rastrillada de Terópodo en Niñu mayu (O. Medina 2016)

Fotografía 42.- Rastrillada de Titanosaurio en Mojon Jata, sitio contiguo a Niñumayu (O. Medina 2016)

Kinsa Saruska

En el sector de Kinsa Saruska se destacan tres rastros paralelos de gran tamaño de dinosaurios de la misma especie, con pies de entre 45 y 50 cm, atribuibles a Titanosaurios; también en el mismo estrato existe una gran cantidad de huellas de pequeños terópodos.

Fotografía 43.- Rastrilladas de tres Titanosaurios junto a varias icnitas de terópodos (O. Medina 2016)

Chulku Mayu

Durante una prospección realizada por integrantes de la Asociación Paleoforma y el paleontólogo argentino Sebastián Apesteguía, se logró un hallazgo muy significativo.

Dentro del sinclinal de Maragua se encuentra la localidad de Chulku Mayu, en este planchón rocoso de aproximadamente 30 grados de pendiente se localizan varias icnitas, con una longitud de 13,8 metros por 4 metros de ancho, de características arenosas sólidas y bioturbadas. Las icnitas más notorias son sin duda las huellas pertenecientes a un saurópodos, cuyas huellas de las patas traseras son claramente, semicirculares (aprox. 40 a 50 cm. de diámetro).

Cerca de este sector a unos 100 metros ladera arriba, se halla otro sector con huellas no muy bien conservadas, que vale la pena describirlas (Apesteguia 2012). Se trata de cuatro huellas visibles de un terópodo de tamaño descomunal, las huellas tienen una longitud máxima de 104 cm (dedo central a talón) y un ancho máximo de 69 cm (dedo exterior y dedo interior), el paso es de 225 cm.

Fotografía 44.- Huella de terópodos descubierta por G. Marquina de la Asociacion Paleoforma en 2016

Fotografía 45.- Hallazgo en el que se percibe las gigantescas huellas junto S. Apesteguia

Aunque es difícil evaluar debido a su preservación, puede apreciarse que el animal no presenta los dedos demasiado abiertos, lo que garantiza su posición como terópodo. El basipodio es masivo, su tamaño estimado es de 891 mm superando los 683 mm de los basipodios de unas huellas gigantes del Jurásico de Marruecos y los 606 mm de *Tyrannosauripus pillmorei*. El basipodio (tramo proximal de la huella) da una longitud muy constante, mientras que el talón cambia mucho y la cubierta cornea de la uña también incluye variación.

La anatomía ósea y los dedos no paralelos sugieren que no se trata de un abelisaurio (los mayores predadores conocidos para ese momento y lugar). La proporción de los tres dedos y la forma en que el segundo dedo se curva lateralmente, sugiere que las huellas pueden haber sido hechas por megaraptores o en su defecto por tiranosauroides.

Si el gran terópodo de Bolivia fuera un megaraptorido, al basarse en el ancho máximo de los dedos, alcanzaría una longitud mayor a 10 metros. Por otro lado, si utilizamos la longitud con el ancho mínimo de los dedos, alcanzaríamos los 11,7 metros. En todo caso, la medida máxima del ejemplar en cuestión sería de 12,7 metros. Comparándolo con los megaraptores "derivados" (de Suramérica, Oceanía y Antártida), de proporciones algo diferentes, se constituiría en un animal de unos 14 metros, semejante a los 13,2 m de *Giganotosaurus carolinii* (según estimación de Scott Hartmann).

La masa corporal de este terópodo seria de aproximadamente 7.100 kilos (menos pesado que *Giganotosaurus* de 8.500 kilos) debido a sus diferentes proporciones y volumen corporal. De todos modos, estamos frente a una de las huellas del mayor terópodo conocido, lamentablemente solamente contamos con una sola huella bien preservada.

Potolo

Este sitio se encuentra próximo al río Lirio Mayu, en el lugar conocido localmente como Janaj Khuchu, lugar donde se está construyendo una represa y que lamentablemente por esta obra, las huellas identificadas se perderán definitivamente. Paradójicamente las actividades de la empresa que realiza la construcción, permitieron que gran parte de sedimentos que cubrían la roca contenedora de icnitas se desgasten y se de paso al afloramiento de los rastros.

En el planchón se pueden contabilizar aproximadamente 32 rastros de terópodos; en la base se aprecian icnitas con diferentes rumbos, incluso huellas sobrepuestas una encima de la otra. La calidad de las mismas es impresionante debido a que se pueden ver detalles como las garras, también se exponen claramente la ondulitas en la superficie de la roca, con una dirección definida.

En una segunda visita se pudo evidenciar que, en la continuación de la roca en la parte superior de las huellas, siguen apareciendo otras tres icnitas de la misma especie y aparecen otras de titanosaurios.

La medida de la trocha de las huellas de terópodos es aproximadamente de 15 a 20 cm, la distancia de paso es de 75 cm y la zancada tiene una longitud de 1,60 cm, las medidas de las icnitas son de ancho 15 cm y de longitud 20 cm, éste es un tamaño promedio. Sin embargo, existen otras un poco más pequeñas o grandes variando solamente algunos centímetros. Las rocas pertenecen a la Formación Aroifilla.

Fotografía 46.- Icnitas de terópodos (O. Medina 2015)

Th'ula Th'ula (Kila Kila)

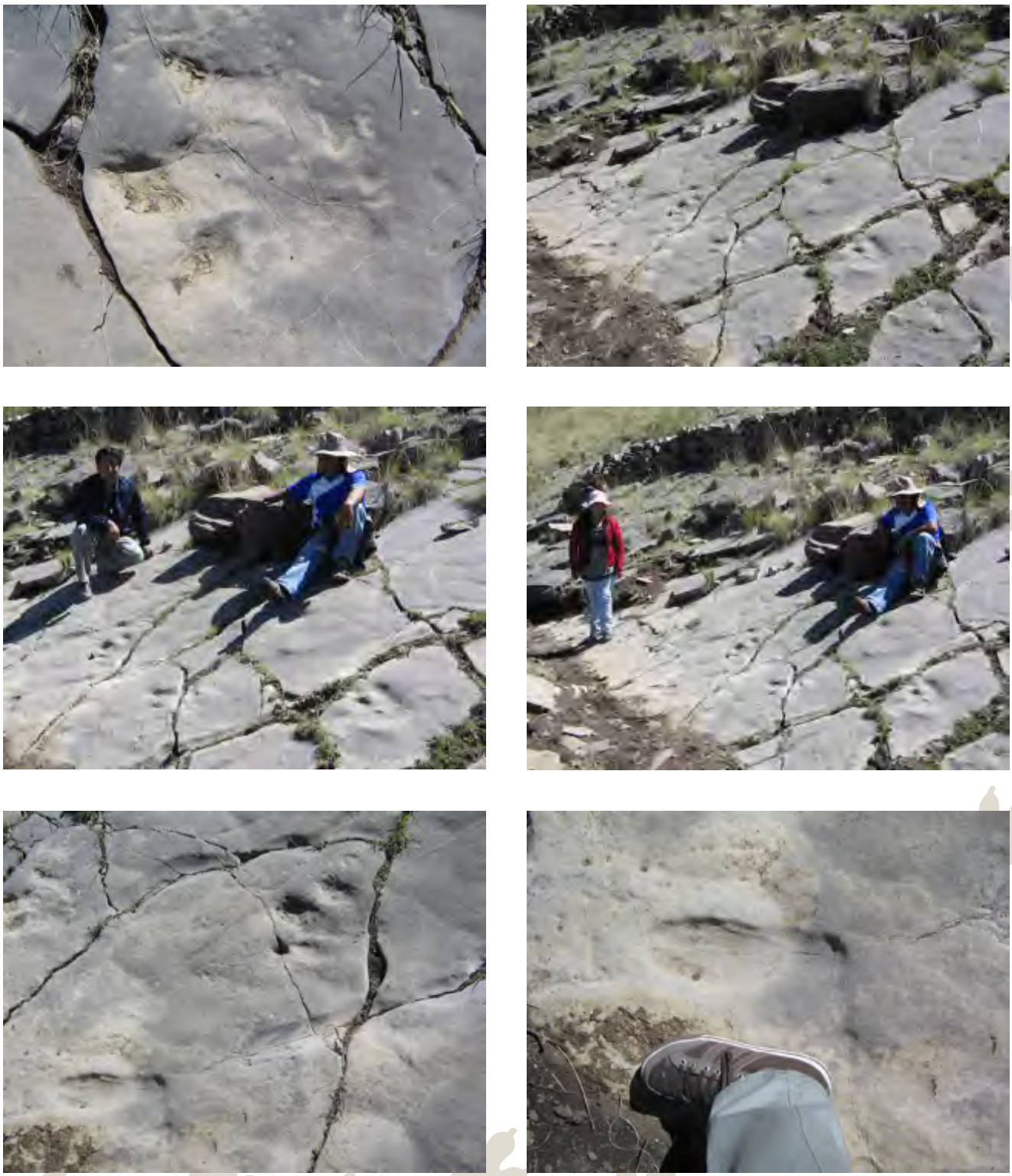
Las huellas encontradas en este sitio tienen un rumbo oeste, las mismas que se registran sobre planchones que presentan una vegetación sobre la superficie, tienen aproximadamente 35 grados de inclinación.

Son huellas de dinosaurios ornitópodos, saurópodos y terópodos. Las huellas de los saurópodos están muy erosionadas. Las que más se distinguen son de los ornitópodos, las cuales tienen una medida de aproximadamente 26 cm.

Fotografía 47.- Icnitas de ornitópodo registradas en Th'ula Th'ula (O. Medina 2011)

K'ellu K'ellu (Kila Kila)

En el sitio, se evidenció la presencia de una rastrillada de huellas de ornitópodo, con aproximadamente 12 huellas, su rumbo es oeste.



Fotografía 48.- Rastrillada de ornitópodos en K'ellu K'ellu (O. Medina 2011)

Base del Obispo

La composición rocosa es similar a la del Cerro Churuquella en Sucre, razón por la cual podría indicarse una edad aproximada perteneciente al cretácico medio.

Por el grado de consolidación de la roca y su erosión, no es posible identificar con certeza al grupo de dinosaurio responsable de estas huellas. Sin embargo, es un indicativo para realizar rastrillajes en la zona y la posibilidad de contar con otro sitio de huellas de dinosaurios en el municipio de Sucre.

Fotografía 49.-Huellas de dinosaurios en Churuquella (O. Medina 2011)

San Lucas

En otras provincias del departamento de Chuquisaca se encuentran también icnitas de dinosaurios como en San Lucas. Se registraron huellas mal conservadas acompañadas "ripple marks" fracturadas, debido a eventos tectónicos recientes, las rocas son areniscas con diaclasas en las que se conservan las huellas.

San Lucas corresponde a una localidad poco estudiada en sus afloramientos cretácicos, por esta razón se deben llevar adelante nuevos trabajos de investigacion para obtener mejores resultados.

Fotografía 50.- Sitio en San Lucas (M. Suarez 2009)

Fotografía 51.- San Lucas (M. Suarez 2009)

Tambillos

La nueva localidad Tambillos se encuentra a unos 8 km al noreste de San Lucas (Chuquisaca, Bolivia), muestra areniscas estratificadas pertenecientes a la Formación El Molino del Cretácico Superior. La localidad se encuentra dentro del "Sinclinal de Chaupi Cocha" con una extensión de 10 kilómetros, posee en su flanco occidental estratos casi verticales. Los estratos están litológicamente conformados por calizas arenosas, areniscas calcáreas y margas, donde se reconocen rastrilladas pertenecientes a medianos y pequeños terópodos (95 %) y saurópodos titanosáuridos (5 %).

Las icnitas de terópodos presentan una morfología que se repite en muchos planchones, variando en rumbos y tamaños, alcanzando a unas dimensiones promedio de 35x30 cm, con una longitud de paso de aproximadamente 94 cm. y una zancada de 175 cm. otras rastrillas con huellas tridáctilas de 10 cm de longitud y 150 cm de paso, sugieren a terópodos corriendo, dejando marcada la punta de los dedos.

Fotografía 52.- Omar Medina junto a las primeras huellas de terópodos reportadas en este sitio (2014).

Las huellas de titanosáuridos registradas en el extremo este del sinclinal presentan una morfología ovalada con pocos detalles (embotadas). Cada huella de apoyo ronda los 65 cm de ancho y 50 cm de largo. Las huellas delanteras tienen 40 cm de ancho y 30 cm de largo. Su paso es de 75 cm y la zancada de 112 cm de longitud.

Fotografía 53.- Omar Medina junto a huellas de Titanosaurio .

Los estudios que se llevan a cabo en esta nueva localidad permitirán determinar evidencias paleobiológicas en la locomoción de los dinosaurios en ambientes marino marginales, en lo que actualmente es territorio boliviano.

Camargo

Cerca de Camargo (Chuquisaca) se presenta en toda su magnitud el más extenso y bello sinclinal, mostrando sus areniscas y margas rojas con magníficos pliegues y fallas geológicas que se observa en todo su esplendor.

Fueron registradas varias localidades paleontológicas, algunas con icnitas durante el 2006 por Hugo Heymann, Mario Suárez y Omar Medina entre las que están El Patronato, Bella Vista, Puente Viña Vieja, Peña Alta, Quebrada Sacarí, Huancarani, La Quebrada, Viña Vieja, Peña Alta.

En el Patronato, los afloramientos cretácicos presentan huellas de dinosaurios documentadas por Heymann, Suárez y Medina (2006). Corresponden a un nuevo registro de unas 8 pisadas sobre una superficie de arenisca. Aunque la calidad y preservación de las huellas no es buena, nos permiten identificarlas como icnitas de dinosaurios.

Fotografía 54.- Localidad de Patronato, mostrando las huellas de pisadas de dinosaurios. (M. SUÁREZ 2009)

Puente Viña Vieja

La localidad de El Puente Viña Vieja está situada sobre la carretera a Potosí a unos 5,6 km al nornordeste de Camargo. En este lugar, situado a pocos metros al norte de la carretera troncal, se detectaron dos estructuras elipsoides continuas, rellenadas con sedimento, atribuidos a un saurópodo.

Además, en el lugar se puede apreciar una especie de canales de erosión ("diastemas") rellenados con material conglomerádico-sabulítico, en cuya superficie de relieve irregular se encuentran otras estructuras dispersas, sin ningún orden ni lógica, las que tentativamente se podrían considerar huellas producidas en un suelo fangoso. Estratigráficamente parece ubicarse el miembro 4 de la Formación El Molino.

Fotografía 55.- Viña Vieja, estructuras elipsoidales rellenadas, quizás huellas de dinosaurios mal conservadas.

En dirección hacia Muyuquiri, aproximadamente 16 km al nornordeste de Camargo, cercano al cruce hacia Huancarani, se observaron sobre la roca de una quebrada estructuras algo similares a las de Puente Viña Vieja, pero sobre una arenisca.

Las estructuras se encuentran bastante erosionadas por la acción del agua de la quebrada y, consecuentemente, en mal estado de conservación.

Las Carreras

El nuevo descubrimiento surgió por la curiosidad de los vecinos de Las Carreras, en la comunidad de Taraya, ubicada a 300 kilómetros de Sucre, en el límite con el departamento de Tarija. Inicialmente se conocía de la existencia de posibles huellas de dinosaurios a través de fotografías tomadas por los propios pobladores.

Estas huellas fueron encontradas en, al menos tres planchones de unos 70 metros cuadrados cada uno, estos planchones se sitúan a unos diez minutos del centro poblado.

Las huellas se encuentran bien preservadas y protegidas debido al difícil acceso y porque además muy poca gente conoce de su existencia. Se destacan huellas de dinosaurios terópodos.

Fotografía 56.- Huellas de dinosaurios bastante erosionadas

Muyupampa (Chaco Chuquisaqueño)

El yacimiento paleontológico se encuentra en Muyupampa en el sector de Arrayan, cerca al centro poblado, a orillas de la carretera que se conecta con Ipati.

Se trata de huellas de dinosaurios ornitópodos, destacándose principalmente una rastrillada conformada por nueve huellas, donde se aprecia la forma peculiar de caminar de estos animales del cretácico final.

Fotografía 57.- A la derecha se muestra una vista de las huellas de ornitópodo descubiertas en Muyupampa a la derecha se observa una ampliación de una de las huellas.

Tunasniyoj, Icla

Las huellas se localizan sobre afloramientos de la unidad de edad Jurásico-Cretácica, equivalente a la Formación La Puerta, con una antigüedad de unos 140 millones de años, correspondiente a su depósito a inicios del Cretácico inferior (S. Apesteguia).

El importante yacimiento icnológico comprende un área aproximada de 100.000 m² presentando una pendiente promedio de 45 grados sobre la horizontal. Si bien las exposiciones de terreno se encuentran bastante despejadas de vegetación, un importante palmar de anchicocos se desarrolla sobre toda su extensión areal.

La importancia de la localidad hallada, radica en que es la única localidad con huellas de dinosaurios para el límite Jurásico-Cretácico de Bolivia y es la segunda para América del Sur. Corresponde a una localidad con diversidad morfológica, registrándose cuatro tipos de dinosaurios poco comunes (tireóforos tipo estegosaurios, anquilosaurios y terópodos basales) y en abundancia numérica (más de 300 huellas).

La asociación gregaria de huellas de 2 individuos adultos y 1 juvenil, corresponden a dinosaurios tireóforos, así mismo se determinó la presencia de dinosaurios terópodos (carnívoros) de pie ancho, encontrándose las evidencias más antiguas para el hemisferio sur de dinosaurios anquilosaurios.

Fotografía 58.- Icnita de terópodo (izquierda), en el de centro rastrillada de anquilosaurio y a la derecha se observa las huellas del posible último tireóforos (O. Medina 2009)

LOS DINOSAURIOS DE BOLIVIA

Es importante entender que es difícil asociar a ciencia cierta las huellas dejadas por estos grandes reptiles con las especies de dinosaurios fósiles (restos óseos, pieles, etc.), por esta razón el estudio de la icnología posee una nomenclatura identificativa distinta como su propio nombre científico misma que nos permiten aproximar la fauna y asociarla a los hallazgos de restos fósiles en Bolivia o en el extranjero especialmente los países vecinos Argentina, Brasil y Chile.

Los hallazgos de restos de dinosaurios en territorio nacional nos permiten confirmar la presencia de un representante del infraorden Saurópoda de la familia *Titanosauridae*, que corresponde a un *Saltasaurus sp.* (Gutierrez & Marshall 1994) y un hallazgo de un diente en Pajcha Pata (Marshall & Gayet 1997).

Los terópodos representados por el hallazgo de dientes en Cochabamba, corresponden a un *Coelurosaurio* (Marshall 1989), un diente completo y un fragmento de otro ejemplar del suborden Theropoda, que pueden tratarse de *Abelosaurus sp.*, hallados en Pajcha Pata (Céspedes 2017, 2018).

Imágen 9.- El diente posee un visible acerrado en los bordes cavados hacia el interior y parece ser superior izquierdo, cercano al hocico

No conocemos hasta el presente otros restos identificables de dinosaurios en Bolivia. Sin embargo, según las asociaciones de las icnitas y las características ecológicas de esta región, durante el Cretácico, podríamos listar un grupo de dinosaurios que posiblemente sean los que pasaron por territorio boliviano hace 82 millones de años.

La mayor parte, pertenecen a esqueletos hallados en la Argentina, en el Suborden Sauropoda: *Saltasaurus loricatus, Laplatasauurus sp., Mendozasaurus neguyelap*, y *Chubutisaurus insignis*.

En el suborden Theropoda: *Aucasaurus garridoi, Carnotaurus sastrei, Abelosaurus comahuensis, Gigantosaurus carolinii* y *megaraptor*?.

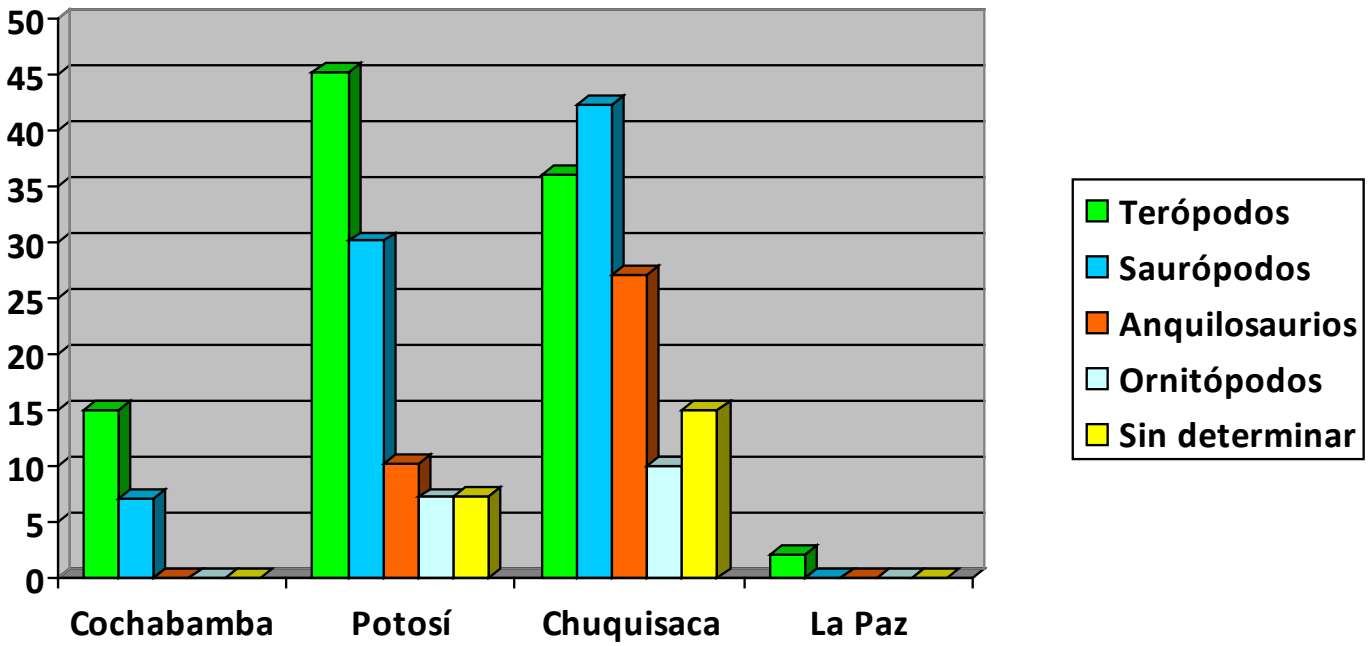
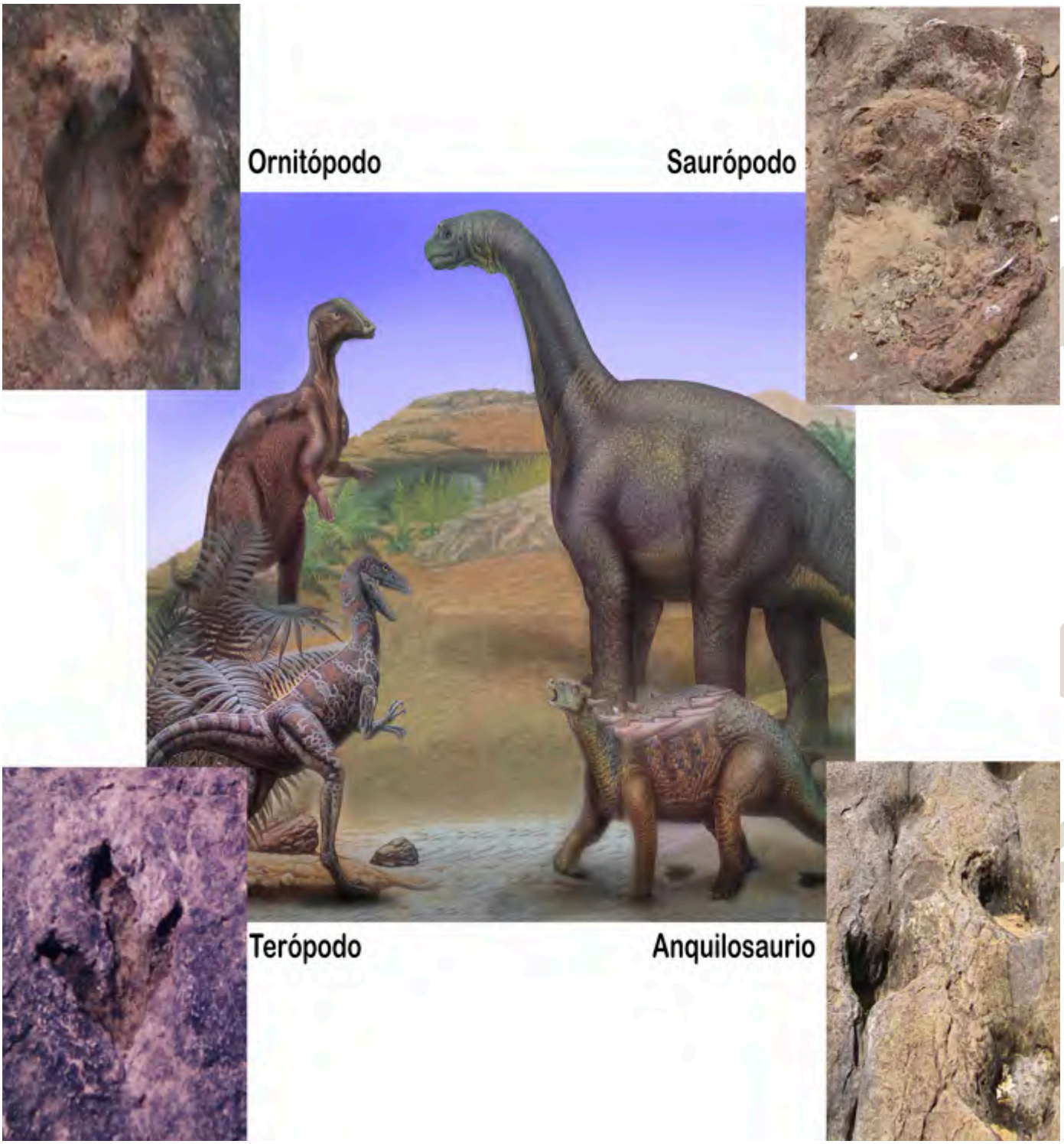


Gráfico 1.- Aproximación porcentual de los hallazgos de huellas de dinosaurios en distintos Departamentos, mostrando que los terópodos y saurópodos son los más representativos en Bolivia, seguidos por Anquilosaurios, con pocos representantes de los Ornitópodos.

No obstante y sin lugar a dudas, el Cretácico boliviano posee las más grandes concentraciones de localidades con pisadas de dinosaurios de América, distribuidas a lo largo de varias regiones, que por sí solas ya son un hermoso atractivo. Por su extensión a lo largo de los Andes y distribución central de nuestro territorio, permiten integrar distintas áreas de gran relevancia turística, además la mayoría se ubican en áreas cercanas a ciudades y a pintorescas poblaciones, formando así un conjunto un atractivo turístico de gran relevancia científico cultural.



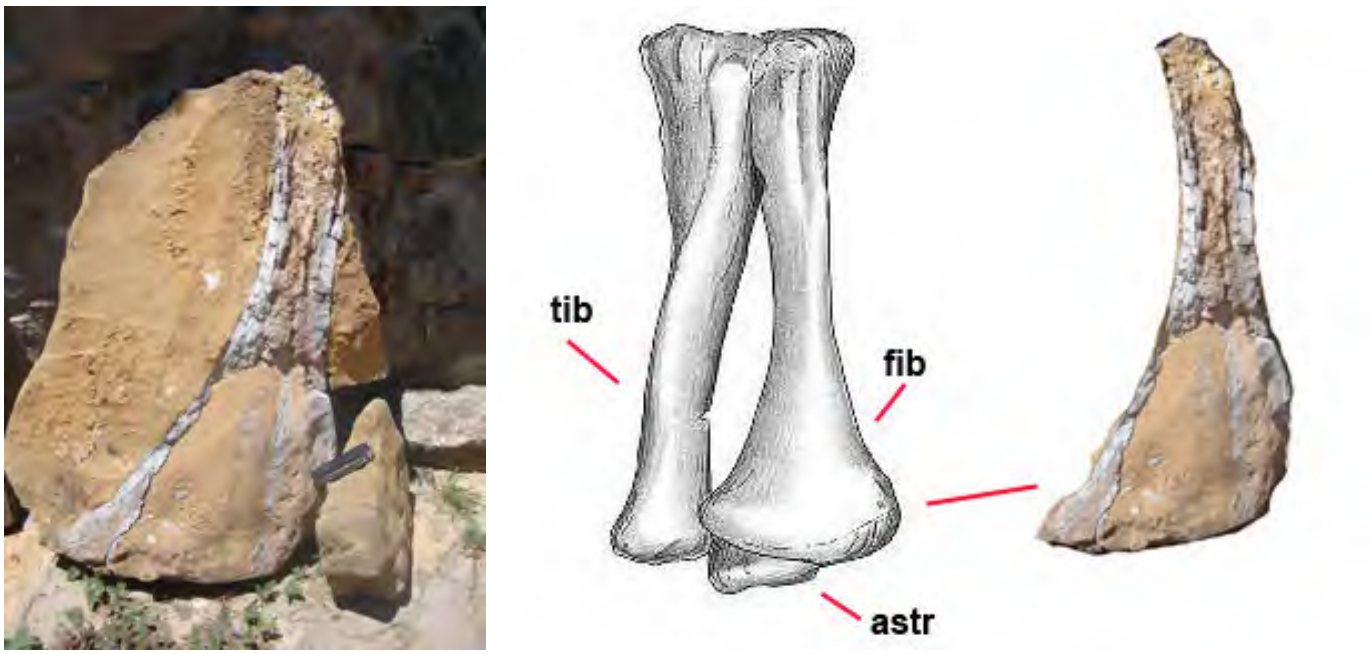
Imágen 10.- Imagen que muestra formas de huellas más comunes encontradas en Bolivia, asociadas con el grupo al que pertenecen.

Huesos de dinosaurios

Es raro encontrar restos de huesos de dinosaurios en nuestro territorio, sin embargo es bueno conocer algo respecto a casuales hallazgos, que fueron realizados dentro del parque Nacional de Torotoro.

Una de las piezas se encuentra formando parte de una roca; la parte expuesta nos permite apreciar buena parte de su integridad para poder llegar a una conclusión: podría ser el extremo distal de un hueso de la pantorrilla de un saurópodo titanosaurio, tal vez una fíbula.

En la figura se hace una comparación de la pantorrilla de Neuquensaurus australis. Como se ve, la forma del hueso de Toro Toro, es un poco más grácil o delicada pero también más grande.



Imágen 11.- Comparación del material encontrado en Torotoro con la de la Argentina.

Calorckosauripus lazari

C. Meyer junto con D. Marty y M. Belvedere, avanzaron en sus estudios de las icnitas de tiranosaurio en Cal Orck'o y publicaron un artículo originalmente titulado "Titanosaur trackways from the late Cretaceous. El Molino formation of Bolivia (Cal Orck'o, Sucre)".

En el artículo, se descarta la teoría de que los titanosaurios no hayan sobrevivido al periodo del Cretácico inferior, que continuó al Jurásico y que se caracterizó por el apogeo de los dinosaurios descomunales.

Ahora, existe el dinosaurio chuquisaqueño "Calorckosauripus lazari". El término "lazari" se entiende como "derivado de Lázaro (Dios de las tumbas) porque la pisada pertenece a un tipo de titanosaurio que sólo es conocido del Cretácico inferior, pero la edad de Cal Orck'o corresponde al Cretácico superior". Esta investigación da mayores luces para conocer cómo eran los titanosaurios sudamericanos y su manera peculiar de desplazamiento

Fotografia 59.- Posible apariencia de Calorkosauripus lazari (Parque Cretácico, Sucre).

RELACIONES ICNOLÓGICAS CON OTROS PAÍSES

PERÚ.- En las localidades de Sicuani y Cuzco, al oeste de la zona de Ucayali, se encuentran las unidades carbonatitas del Cretácico terminal, conocidas como la Formación Vivian y su pase transicional a la Formación Cachiyacu (todo en ambiente marino o litoral), unidades que presentan las calizas de Chonta, desde antes del Maastrichtiano. Esto se constituye en una prueba de la similitud de las formaciones peruanas sureñas con las bolivianas de la cordillera oriental.

Otro dato interesante es que en el año 1995, un grupo de paleontólogos franceses y el italiano G. Leonardi, dieron a conocer un hallazgo en el sur del Perú, más propiamante cerca del Cuzco, en rocas equivalentes al grupo Puca de Bolivia. En el lugar se encontraron huellas de dinosaurios de edad Santoniana a Maastrichtiano, exactamente como se tiene la estratigrafía del Grupo Puca en Bolivia.Como se conoce, el Puca abarca desde el Turoniano (Cretácico superior) al Daniano (paleógeno inferior). En Bolivia, la Formación Vila Vila es el equivalente superior y presenta mamíferos y reptiles terciarios, es interesante notar que ellos caracterizan el origen de la cuenca de "foreland" como una deformación sinsedimentaria (minerales formados simultáneamente con la roca), mayormente de un régimen de compresión tectónica, que afectó a la secuencia entera.

Esta etapa larga, podría haber sido parte del inicio del levantamiento de los Andes, cuya duración es considerada como equivalente de la sedimentación en el área. La fase peruviana, tradicionalmente está emplazada a los 85 Millones de años, que representaría el comienzo del aquel evento tectónico en la región. Sin mayores detalles, las huellas que se encuentran en los tres sitios K´Ayra, Paruro y más hacia el Sur este Langui-Sicuani, entre otras, son las de Iguanodontidae o Hadrosauridae, además de carnosaurios o celosaurios pequeños.

Para nuestros fines, la ruta migratoria de los dinosaurios hacia Bolivia, se iniciaría desde el Cuzco o quizás, más hacia el norte del Perú.

NORTE ARGENTINO

El ingreso de la influencia marina de mar abierto presente en los sedimentos de las Formaciones El Molino en Bolivia y Yacoraite en la Argentina muestran transgresiones de aguas que, parecen haber ingresado desde el sur del Perú. En Salta el ambiente es prácticamente lacustre apto para pastar y depredar, como se evidencia por las huellas encontradas; ahora bien, las últimas evidencias hacen ver que varias zonas contienen huellas en Salta, cercanas a orillas de lagos salobres o continentales, quizás resabios de los mares venidos del norte.

En el Valle del Tonco en la Cuesta de Obispo, muy cercano a la ciudad de Salta, se han encontrado huellas de Hadrosaurios, además de huellas de pequeños carnosaurios. Se evidenció la presencia de acículas de coníferas, ramas pequeñas, frutos de otras plantas no acuáticas. Estos hallazgos

demuestran que las temperaturas eran elevadas en esa época, que se contaba con una excelente condición ecológica, que permitió seguir el rastro de huellas hacia la línea de costa o de las marismas lagunares, seguramente existen más huellas de dinosaurios que se dirigían hacia el sur hacia zonas de anidación o apareamiento, y están presentes en la Rioja y San Juan, más al sur en la cuenca Neuquina, donde se encuentra la más rica fauna de dinosaurios de la América del Sur.

LAS EVIDENCIAS DE LAS MIGRACIONES DE DINOSAURIOS

La gran cantidad de huellas bien conservadas en Bolivia, durante el Cretácico superior, son evidencias de largas rutas empleadas durante varios momentos, cuando los mares se retraían y abandonaban la cuenca, entre lo que es hoy la Cordillera Occidental, el Altiplano y la Cordillera Oriental; esta región era ocupada por albuferas y grandes lagos someros, aunque parece ser que estas rutas migratorias son muy extensas en kilómetros, trazadas a lo largo de la actual Cordillera Oriental. Las extensas corridas (concentración de huellas de un mismo animal) realizadas simultáneamente con corridas de varias especies de dinosaurios, nos demuestran que las innumerables y largas caminatas encontradas en varias regiones de Bolivia y las que se encontrarán entre los sitios ya descubiertos, hicieron de estos lugares, los más famosos sitios del mundo.

Si releemos que Cal Orck´o tiene la mayor cantidad de huellas en un solo sitio del mundo, 5055 pisadas, en nueve niveles diferentes, (hoy pueden haber más, pues se ha ampliado la superficie de trabajo) y que Toro Toro presenta 60 trillas de terópodos subparalelas o paralelas, y que el otro gran sitio Humaca en Chuquisaca que presenta 11 pistas paralelas, a través de las cuales, se evidencia más de una decena de trillas de saurópodos viajando juntos, representando una forma social de migración.

En nuestro país, haciendo un simple seguimiento lineal en un mapa geográfico, se evidencian recorridos que van desde el norte del lago Titicaca hasta el sinclinal de Tojo, cercano a Villazón, en el camino a Tarija, en la frontera argentina y que continúan hasta Salta (Argentina), llegando a unos 2.000 kilómetros de largo potencialmente con huellas.

Por otra parte, en los afloramientos de rocas cretácicas, en este inmenso territorio y multiplicando por un promedio de 150 kilómetros de ancho, si tomamos en cuenta la coetaneidad (misma edad) de las formaciones, la Formación de El Molino con la Formación Cajones del oriente boliviano sobrepasarían los 500 kilómetros de ancho de ubicación potencial de huellas en superficie, por lo que se pueden calcular unos 300.000 kilómetros cuadrados, donde los dinosaurios caminaban, pastaban, comían y buscaban sus lugares de apareamiento y de nidación. Sin tomar en cuenta el sur del Perú y el norte argentino, sería inmenso el territorio donde hollaron los dinosaurios y que iban hacia la Rioja o a Neuquen en la Argentina, donde se ha encontrado una mayor cantidad huesos de dinosaurios sudamericanos, además de los nidos.

Estas grandes extensiones territoriales de las huellas de dinosaurios, nos hacen pensar que ellos recorrían de norte a sur y de ida y vuelta, el territorio sudamericano en el cretácico superior y que también en el cretácico inferior y en el Jurásico, dando lugar a un intercambio faunístico, pues se han encontrado faunas septentrionales en rocas del cretácico inferior.

En el cretácico superior, sólo se conocen restos de dinosaurios endémicos

de Sudamérica así como sus propias huellas, la conclusión a la que podemos llegar, es que quizás desde el norte de Sudamérica o del actual centro amazónico, los dinosaurios caminaban no sólo bordeando la actual cordillera oriental, sino que caminaban hacia el sur del actual Brasil, ya que se encuentran muchas huellas en estados brasileños orientales y paranenses.

Se deja constancia de que es posible impulsar un recorrido eminentemente científico y turístico, basados en trabajos efectuados por muchos paleontólogos extranjeros y bolivianos, se cuenta con evidencias, de que los diferentes dinosaurios, no transitaron en el mismo momento geológico, ni siquiera pisaron los terrenos blandos el mismo día, pero lo cierto es que en sucesivas oportunidades, por sitios cercanos, iban buscando comida, apareamiento y nidación, tal como lo hacen las aves como sus descendientes hoy día, y como demuestran sus líneas de recorrido.

Estamos conscientes que en las formaciones cretácicas las improntas de las huellas de las manadas seguidas por jaurías, viajando a lugares apropiados en migraciones estacionales, no fueron pisadas el mismo día, quizás ni siquiera en fechas cercanas, de lo que estamos seguros, es que fueron pisadas en la misma edad geológica, con diferencias cercanas en el tiempo, como se define en Toro Toro o en Humaca. Aprovechando la plasticidad del barro se puede estudiar este fenómeno, casi todas las huellas, se realizaron en las mismas formaciones geológicas del Cretácico Superior, desde el Campaniano tardío hasta el Maastrictiano superior, exceptuando una en la zona de Icla, que corresponde al Jurásico superior- Cretácico inferior (Formación la Puerta).

Al estar en la misma posición estratigráfica y teniendo las mismas direcciones de migración geográficas, nuestro pensamiento se dirige a la migración hacia sitios de comida, criaderos o nidos de áreas sociales comunes. Como las encontradas en Neuquén, en Auca Mahuevo, donde existen nidadas, embriones, huevos, pedazos de piel de titanosaurios, seguramente los llegados del norte se reunían para reproducirse y anidar en esas regiones, por eso cada cierto tiempo en las estaciones verano y primavera, llegaban las grandes o pequeñas manadas, seguidamente como buenos cazadores, arribaban al lugar, las jaurías de terópodos acechando a sus presas.

Entonces las huellas dejadas representan unas rutas casi definidas anualmente, para migrar o buscar lugares de alimentación estacionarios, al igual que hacen hoy en día los mamíferos en el África, por eso en el territorio nacional encontramos, y seguiremos hallando huellas paralelas de pistas de dinosaurios.

Si aplicamos la teoría expuesta líneas arriba en Bolivia los investigadores debían seguir las rocas cretácicas en especial de las formaciones de cretácico superior como la Formación El Molino, la Formación Chaunaca, la Formación Toro Toro y la Formación La Puerta, que van desde el norte del lago Titicaca, cerca de Puerto Acosta a las estructuras de Mocomoco, hacia el sur, por detrás de los nevados del Illampu, Huayna Potosí e Illimani, hasta los afloramientos de Morochota, llegando a Toro Toro, pasando por

los afloramientos de Parotani, Suticollo, Vinto y Capinota.

Retomando la localidad de Toro Toro, hacia el sur, tenemos los ricos afloramientos de Colquechaca, Ocuri y Ravelo, hacia el este está Sucre con Cal Orck´o. Maragua, e Icla. Hacia el centro se encuentran las clásicas secciones geológicas de Potosí-Miraflores, San Lucas, Cotagaita y Camargo que pasando por Villa Abecia y Las Carreras llegando a Tojo, que es lo último que vemos del sinclinal de Camargo; seguimos con otros afloramientos, presentes en casi en la frontera Argentina, donde se puede encontrar la Quebrada de Humahuaca y otra regiones que corresponden a las margas multicolores de Schlagintweit.

Hacia el sur del Lago Titicaca, es decir, siguiendo la línea sur de este posible paso cretácico con huellas, afloran rocas cretácicas en Jesús de Machaca y para visualizar mejor, seguimos hacia el Rio Desaguadero llegando al Lago Poopó. En el centro del departamento de La Paz, donde se encuentran los afloramientos de Sapahaqui, Luribay, Colquiri. Siguiendo la línea sur de la posible franja potencial en huellas, se visualizan en Rio Mulatos, Ubina, hasta Esmoraca llegando a la frontera con la Argentina.

Esta estelar potencialidad de la ubicación de huellas, está plasmada en varios documentos, alguno de ellos está reproducido en este trabajo, in extenso.

Queda pendiente buscar en los afloramientos cretácicos del subandino, como en La Serranía del Amboró, que está plagada de rocas susceptibles de contener icnitas o huesos de dinosaurios; pero como hasta ahora no se ha tenido la suerte de encontrar rastros, al igual que los ricos afloramientos cretácicos de la Chiquitanía cruceña, se quedan como lugares de búsqueda para otro proyecto, pues presentimos que una gran parte de dinosaurios pastaban en las regiones del centro actual del Brasil y después caminaban hacia el sur rumbo hacia Paraná. Las unidades del cretácico en el subandino de La Paz, son pobres en sedimentación, así que no son muy prometedoras, pero nunca descartables.

RUTA MIGRATORIA EN BASE A LAS HUELLAS DE DINOSAURIOS PARA TURISMO MASIVO

Aunque las huellas son de diferentes edades en el Cretácico, si quisiéramos hilar más fino geológicamente hablando, nos hacen falta dos cosas, la primera un estudio detallado de la geología de los sitios con huellas, como la de Cal Orck´o realizada por Lockley o la de Sempere en Toro Toro, que debería realizarse de forma minuciosa, estrato por estrato. Y la segunda, el estudio de las demás zonas con huellas como Icla, Camargo, etc. para conocer con exactitud las características estratigráficas y quizás la edad de cada capa o estrato geológico. Ambos trabajos son para larga data, por ahora nos interesa conocer que las huellas están ahí, las mismas que servirán para promover propósitos turísticos y científicos.

El segundo y principal propósito es persuadir acerca de la teoría de las migraciones. Por ejemplo, las aves cada año a lo largo de siglos, han seguido las rutas migratorias, seguramente los dinosaurios hacían lo mismo, así que no es coincidencia la dirección noroeste – sureste, y a veces cercana al norte sur, de las huellas de dinosaurios por lo menos, en el cretácico superior en los afloramientos bolivianos.

Para el bienestar de esas zonas socio-geográficas actuales con paleoicnitas, la mayoría rurales, donde se encuentran las huellas, puede ser una gran ayuda (económica a cambio de la conservación y cuidado) desarrollar una ruta turística a seguir a lo ancho del territorio cochabambino, potosino, chuquisaqueño y tarijeño, mostrando al público la más larga ruta migratoria de dinosaurios, que existe en el mundo, con pruebas científicas y que puede continuar en otras latitudes como las de Arequipa y Puno en el Perú o Salta, Jujuy, Catamarca y la Rioja en la Argentina. Se hace indispensable proponer un plan trinacional de estudio en breve, y después plantear un plan de turismo a gran escala.

Pero iniciemos aquí en Bolivia, que ya tenemos la ruta definida, sólo nos hace falta detallarla sobre caminos carreteros y después que cada municipio implemente comodidades para alojamiento y alimentación, para los viajeros, en sitios estratégicos Icla, Betanzos, Camargo, San Lucas, Maragua, Quila Quila, Humaca, Niñu Mayu, Impora, etc, siendo la inversión de caminos y comodidades crucial e inmediata, debido a que contribuirá a mejorar los ingresos económicos de las poblaciones circundantes y con los nuevos caminos adicionalmente se promoverá la extracción de sus productos, entre muchos otros beneficios.

El recorrido ya está marcado, una ruta es por el pueblo de Toro Toro, con caminos de buen acceso y hotelería que brinde un buen servicio, la segunda ruta por Cal Orck´o por la cercanía a Sucre. Para el establecimiento de una ruta nacional, se debería integrar al resto de los Municipios, Gobernaciones y el Gobierno central, por lo que se sugiere crear la **MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS DE LAS HUELLAS DE DINOSAURIOS**, para organizarse y definir las directrices para su consolidación.

BIBLIOGRAFÍA

- Céspedes r. 2013 Guía Paleontológica "Parque Nacional Toro Toro" SERNAP Potosí Dirección Municipal de Turismo de Sucre 2000 "Parque Cretácico, Descubriendo el pasado"

- Ahlfeld F. 1972. **Geología de Bolivia**, Ed. Los Amigos del Libro, Cochabamba

- Branisa L. 1968, **Boletin del Instituto Boliviano del Petroleo** (IBP) 8: 16-29, La Paz)

- Boero H. 1975 "Bolivia Magica", La Paz

- Buatois, L, Mángano, G. & Aceñolaza, F., 2002. *Trazas Fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico*. **Edición especial MEF N° 2**. Trelew. Argentina.

- Fiedler, K., Mertmann D. & Jacobshagen, V. 2003. Cretaceous marine ingressions in the southern Potosí basin of southern Bolivia: tectonic and eustatic control. **Revista técnica de YPFB**, 21: 157-164.

- Céspedes R. 2018 **"**Primer registro de Abelisauridae (Dinosauria: Theropoda) en la Formación El Molino el Cretácico Superior de Bolivia, basada en dos dientes y sus características denticulares", **Ponencia en el IV Simposio Internacional de Paleontología**, Tarija.

- Gayet, M. L. Marshall & T. Sempere, 1991 The mesozoic and Paleocene vertebrates of Bolivia, **Revista Técnica de YPFB**, 12 (3-4) Vol. 1 Vertebrados, Cochabamba.

- Gutiérrez, F. & L., Marshall, 1994. Los primeros huesos de dinosaurios de Bolivia. Formación Cajones (Maastrischtiano) cerca a Santa Cruz de la Sierra, **Revista Técnica de YPFB**, 15 (1-2), Cochabamba

- Jaillard & Sempere, 1991. Las secuencias sedimentarias de la Formación Miraflores y su significado cronoestratigráfico. **Revista técnica de YPFB**, 12 (2): 257-264.

- Marshall, L., 1989. El primer diente de dinosaurio en Bolivia, **Revista Técnica de YPFB**, 10(3-4), Cochabamba.

- Marshall, L. & C. Molina, 1990, "Huellas tridáctiles de dinosaurios en la Formación El Molino inferior cerca a Santivañes. Departamento de Cochabamba", **Revista Técnica de YPFB**, 11(2-3), Cochabamba.

- Meyer, Ch. A., Graf, K., Bucher & S., Thüring, B, 2003. Assessment, Conservation, sustainable development and touristic potential of the palaeontological site Cal Orck´o (Chuquisaca, Sucre, Bolivia). **Final Report. Natural History Museum**. Basel. Germany.

- Leonardi,G. 1981. As localidades con rastros fosseis de terópodos na

América Latina. **Anais II Congreso Latino-Americano de Paleontologia**, 923-940, Brasil.

- Leonardi,G. 1984. in Le impronte fossili di dinosauri. **In Sulle orme dei dinosauri**. Errizo Editrice. Venice (1994).

- Lockley M. et al. 2002. Titanosaurid trackways from the Uppewr Cretaceuos of Bolivia: evidence for large manus, wide- gauge locomotion and gregarious behavior. Cretaceous **Research, 23**, 383-400. Elsevier Science Ltd.

- Perez-Leyton, M., 1987. Datos palinológicos del Cretácico Superior de la sección estratigráfica de Catara, Potosí Bolivia.-IV Congreso Latinoamericano de Paleontología, Bolivia., **Memorias II**: 739-756.

- Sempere T. et al. 1997. Stratigraphy and chronology of Upper Cretaceous-lower Paleogene strata in Bolivia and northwest Argentina. **Geological Society of America. Bulletin 109**,709-727.

- Suárez Riglos, M. 1995. Huellas de dinosaurios en Sucre. **Asociación Sucrense de Ecología Anuario 95**, 44-48.

GLOSARIO

Cuencas de rift: Fosas de hundimiento limitado por los bordes de una cuenca.

Rifting: Formación de rift en un estado precoz de una apertura oceánica.

Postrift: Después de la aparición de la fosa de hundimiento.

Areniscas conglomerádicas: Rocas sedimentarias de composición arenosa con conglomerados ya sean brechas o pudingas unidas con cemento.

Arcilitas: Rocas de estructuras arcillosas.

Icnitas: Marcas de pisadas de animales fósiles.

Rastrillada: Rastros en forma de rastrillo.

Arcillas margosas: Depósitos de arcilla con poca cantidad de sedimentos calcáreos disueltos.

Margas: Depósitos de arcilla con sedimentos calcáreos disueltos.

Pelitas: Capas sedimentarias delgadas de rocas de grano muy fino dendrítico.

Calizas estromatolíticas: Capas delgadas arriñonadas calcáreas dejadas por algas unicelulares.

Calizas microcíticas: Aumento en la granulometría en algunas calizas.

Siloclásticos: Clastos de sílice.

Planicies tidales: Depósitos de mareas.

Buzamiento vertical: Ángulo formado por una capa o superficie, con relación al plano horizontal.

Icnofacies: Depósitos sedimentarios diferenciados que contienen como referencia huellas.

Bioturbadas: Sedimentos trasformados por las acciones biológicas.

Trazas tubulares meniscadas: huellas en forma de tubos y redondeadas.

Bancos de grauvacas: Sedimento detrítico con mucho cemento y generalmente oscuro.

Terrones deleznables: Sedimentos terrosos que se desprenden fácilmente.

Infrayace: Por encima de una capa sedimentaria.

Suprayace: Por debajo de una capa sedimentaria.

Cretácico: Mesozoico superior**.**

Maastrichtiano: De Maestricht Holanda, piso superior del Cretácico superior.

Formación El Molino: Calizas arenosas, areniscas calcáreas y margas del cretácico superior. (73 a 60,5 millones de años).

Grupo Puca: Estratos rojizos en su mayoría, que componen rocas de edad cretácica y terciaria inferior.

Formación Chaunaca: Lutitas y margas con intercalaciones de evaporitas y una caliza basal del cretácico superior. (73 a 86 millones de años, más antigua que El Molino)

Fósiles: Resto orgánico que se ha conservado en los estratos que forman la corteza terrestre, previo un proceso de mineralización y transformación química, llamada fosilización.

Paleoicnitas: Huellas o pistas dejadas por animales (en este caso dinosaurios) a su paso sobre una superficie donde se marcaron y conservaron.

Dinosaurios: Orden de la clase reptilia, todos terrestres.

Pterosaurio: Reptil volador.

Fases regresivas: Acción de retirarse del mar, de una orilla.

Fases transgresivas: Acción de invadir el mar, un territorio antes emergido.

Paleogeográfico: Referido al estudio de la geografía física del pasado geológico.

Paleoambientes: Referido al estudio de los organismos del pasado y su medio ambiente.

BREVE MANUAL PARA EL REGISTRO DE HUELLAS DE DINOSAURIO

Para su correcta identificación de huellas

Primeramente se debe realizar una observación estratigráfica de las rocas para estar seguro que estamos en los estratos correspondientes al Cretácico. Posteriormente un recorrido visual nos permitirá ver los rastros a la distancia, los cuales deben ser siempre consecutivas ya sean paralelas o secuenciales. Estando convencidos de que realmente se tratan de rastros o huellas en las rocas, se procederá al registro.

Recomendaciones para buscadores de huellas de dinosaurios

Para el caso de sitios que contendrían icnitas se debe proceder de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Primeramente se procede a la identificación de las estructuras geológicas y las paleontológicas, reconociendo la autenticidad o no, del respectivo yacimiento, la edad geológica del mismo. No confundir formas sedimentarias con huellas, tipo La Calancha en Sucre, que eran sedimentos de edad Ordovícica.

2. En caso de hallazgos positivos, apreciación y medición de las estructuras fosilizadas de acuerdo a los siguientes criterios determinantes:

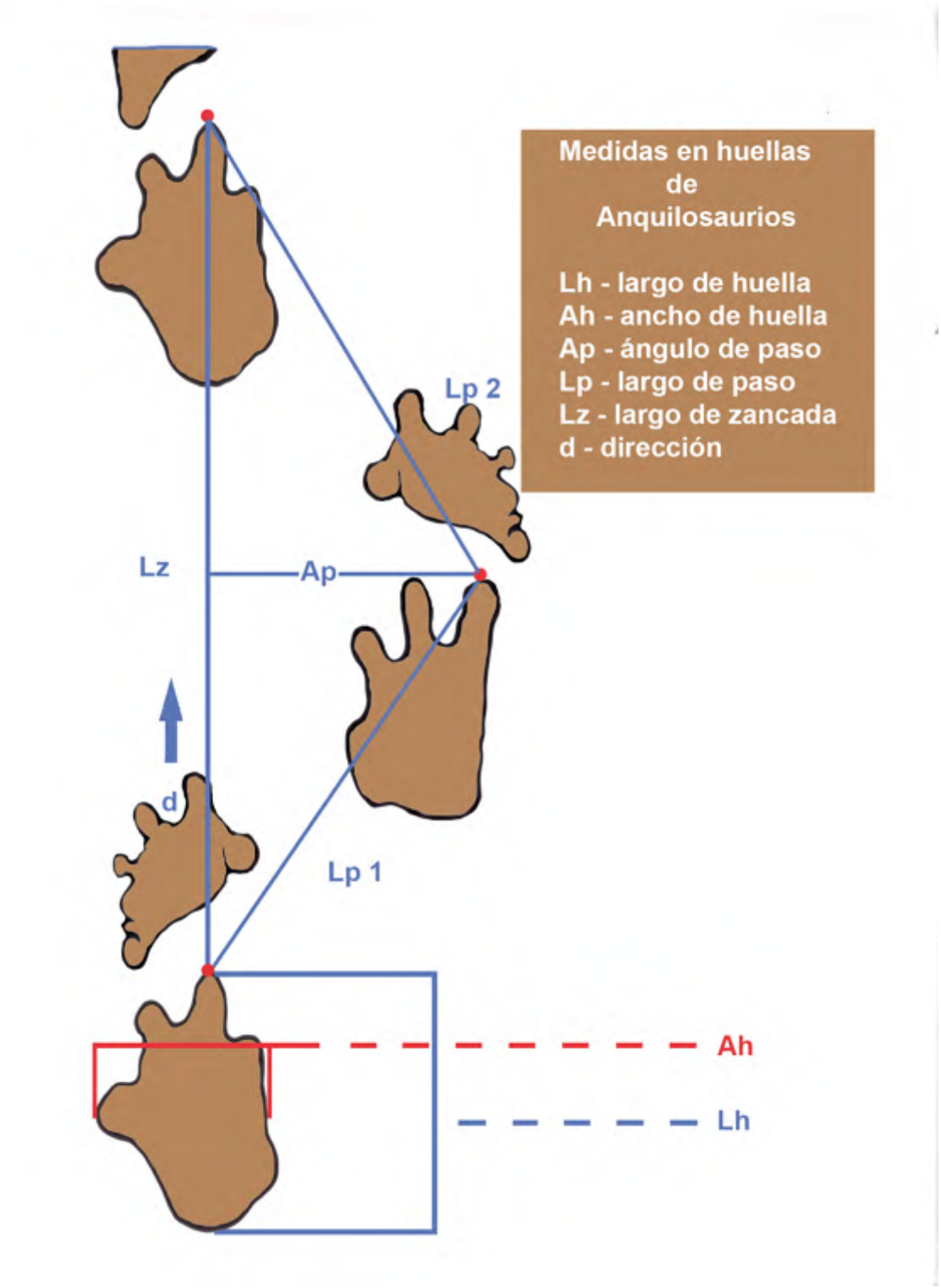
   - Calidad de las mismas,
   - Dimensión de las respectivas icnitas,
   - Orientación y posicionamiento lógico de los rastros,
   - Patrones de marcha,
   - Identificación de las respectivas especies.

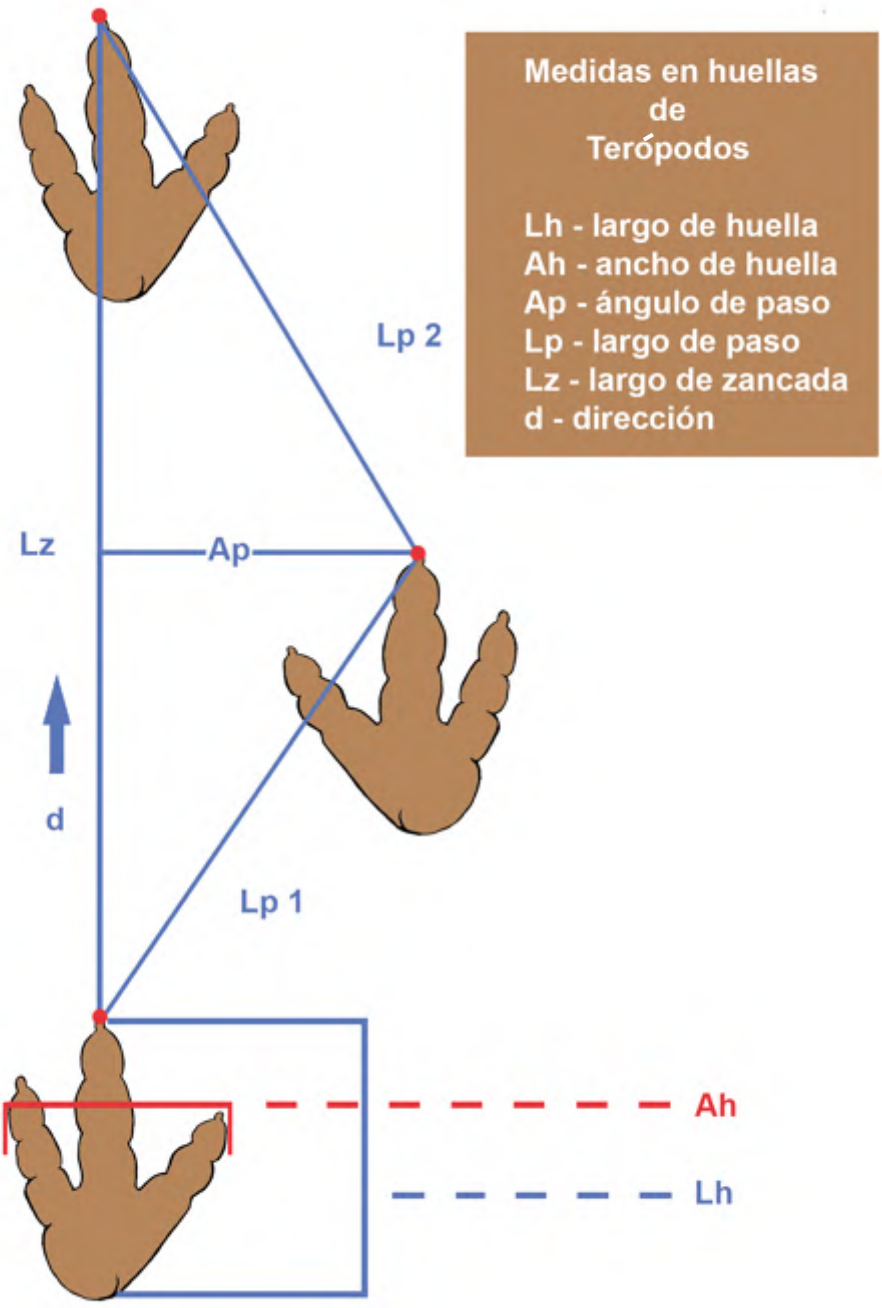
3. Mapeo a escala de las huellas y registro fotográfico.

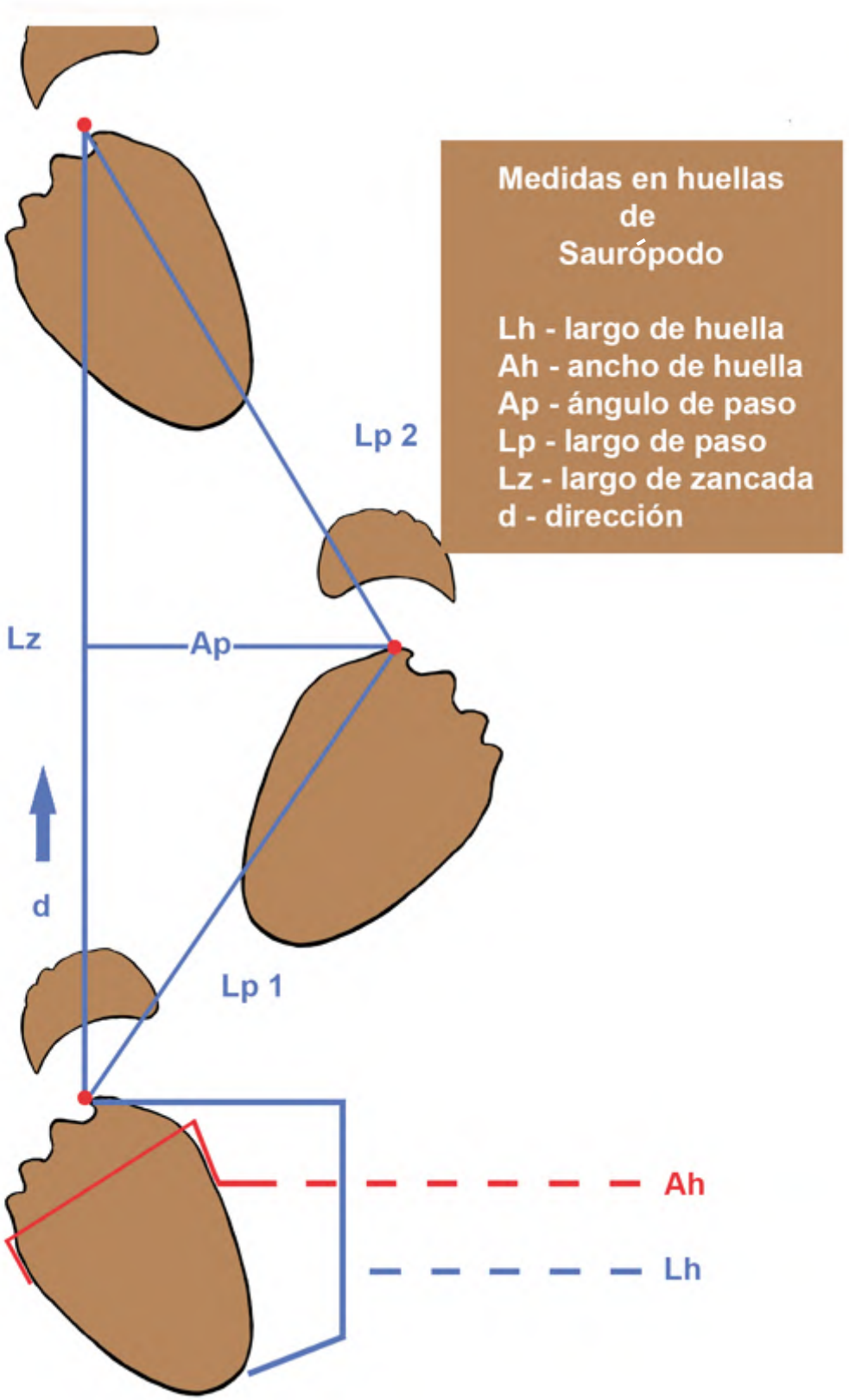
4. Recolección de restos fósiles, en caso de ser factible.

5. Mapeo del respectivo sitio, en caso de ser relevante.

CRITERIOS PARA MEDIR DISTINTOS TIPOS DE PISADAS DE DINOSAURIOS




Medidas en huellas
de
Terópodos
Lh - largo de huella
Ah - ancho de huella
Ap - ángulo de paso
Lp - largo de paso
Lz - largo de zancada
d - dirección
Lp 2
Lz
Ap
d
Lp 1
Ah
Lh


Medidas en huellas
de
Saurópodo
Lh - largo de huella
Ah - ancho de huella
Ap - ángulo de paso
Lp - largo de paso
Lz - largo de zancada
d - dirección
Lp 2
Lz
Ap
d
Lp 1
Ah
Lh