

GÜNEY AMERİKA'DAKİ AND DAĞLARININ TEKTONİK VE VOLKANİK GELİŞİMİNE BAĞLI BORAT VE DİĞER TUZ YATAKLARININ OLUŞUMU

Cahit HELVACI Dokuz Eylül. Üniversitesi, Müh., Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Bornova - İZMİR

ÖZ: And Dağları, Nazca levhasının Güney Amerika levhası altına dalması sonucu gelişmiştir., 7 km derinliğe erişen Peru-Şili hendeği Nazca levhası ile Güney Amerika levhası arasındaki dokanakta yer alır. Ana volkanik ada-yayı, Nazca levhasının bu. açı ile dalımı ile magma oluşumu ve volkanik ada yayı gelişmesi için en uygun koşullar sağlanmıştır. Orta Andlar kesiminin 15° güney enleminin, kuzeyinde ve 28° güney enleminin güneyinde Nazca levhası çok düşük eğimlidir ve bu kesimlerde volkanik ada yayı bulunmaz. Volkanik ada. yayı hendeğe paralel olup, yükseltilerden birisi deniz seviyesinden itibaren 7 km yüksekliğe erişir. Hendeğin ile yayı arasındaki topoğrafik farklılık yaklaşık 14 km ile yerkürenin en önemli özelliklerinden birini oluşturur.

Altiplano-Puna platosu ada yayı ile yakından bağlantılıdır. Plato, doğuda dar, kıvrılmış ve faylanmış bir kuşak olan. ve Doğu. Kordilyer olarak isimlendirilen volkanik cevher ile sınırlanmıştır. Plato deniz seviyesinden 4 km yükseklikte olup iç kesimleri büyük düz bir havza ile kaplanmıştır. Bölge çok kurak ve yıllık çok düşük yağışa sahiptir. Bundan dolayı bu havzada çok kalın bir toz istifi toplanır. Havzaların tabanı, "salares" diye isimlendirilen çok geniş, düz ve beyaz yüzeyler şeklinde beliren tuzlar ile kaplanmıştır. Altiplano-Puna plato 2000 km. uzunluk ve 300 km. genişlik ile çarpışma türü olmayan dağ kuşağındaki en büyük platodur.

Plato bölgesi kaim. evaporit istiflerini içerir. Volkanik ada yayından doğuya doğru gelişen transversal volkanik zincirlerden dolayı bu bölgedeki havzalar çok kapalı bir konumda olduklarından dolayı Puna bölgesinde evaporitler son derece önemlidir. Bu volkanik kuşaklar dahan Nazca levhasında gelişen derin kırıklar sonucunda gelişmişlerdir, Transversal volkanik kuşaklar arasında yer alan bu havzalar yay içi havzaları şeklinde düşünülebilir, Bu havzaların önemi Andların sadece bir bölgesinde Miyosen borat yataklarını içermesindedir.

Miyosen sırasında, bölge günümüzdeki bu bölgede geçerli olan koşullara çok benzer çevre koşullarına sahip olmuştur. Salar veya playa gölü ortamları litoloji» sedimenter yapılar, evaporitlerin tipleri, kuş ayak. izleri ve benzeri, özellikle ayrılanabilir. Küçük göllerde veya. göl zincirleri, içinde yoğun termal su kaynaklarının aktivitesi ve kurak koşullar sonucunda evaporit depolanması sonuçlanmıştır. Evaporitler başlıca kayatuzu, jips ve borlardır.

Bor yatakları» Güney Amerika'da Orta Andlar Bölgesinde yaklaşık 15° ile 27° güney enlemleri arasında yer alırlar. Andlardaki bütün Tersiyer yaşlı borat yatakları 5 ile 7 milyon yıl arasında depolanmış oluşları boratların oluşumunun Messiniyen yaşlı (Geç Miyosen) olduklarını belirtir, Aralarında yaklaşık 100-150 km uzaklık olan boratlar K-G yönünde üç farklı yerde depolanmışlardır. Bu yataklar kuzeyden güneye doğru şu şekilde sıralanırlar: Loma Bianca, Sijes ve Tincalayu.

.Loma Bianca, 1 milyon ton, % 16 B₂O₃ tenörlü, borat içeren 30 p kalınlığında bir istif ve başlıca üleksit» inyoit ve boraks içeren bir yataktır. Radyometrik yaşı 6.9 milyon yıldır., Sijes Andlardaki en büyük kalsiyum ve kaMyum-magnezyum borat yatağı olup baskın olarak Mdroborasit, ikincil olarak, kolemanit ve az oranda üleksit ve inyoit içerir Bor düzeyleri içeren Sijes Formasyonunun yaklaşık kalınlığı 1500 m'tredir, Radyometrik yaşı 6.8 milyon yıldır. Tincalayu 10 milyon ton rezerv ve ortalama % 18 B₂O₃ tenörlü. sodyum borat (boraks) yatağıdır. Baskın olan mineral türü. boraks, Az oranda, kemik, ve ender olarak ise, rivadavit, ezkurit, aristarainit, ameghinit gibi bor mineralleridir. Radyometrik yaş 5,8 milyon yıldır.

Birçok **evaporit yatağının** bulunduğu **Neojen** diastrofik. **sahasından** sonra **ence** daralan **Andlarda Ruva-** **terner** havzalar oluşmuştur. Başlıca **evaporitler kayatuzu**, jips, **borlar ve az. olanda** sodyum, sülfat» sodyum. karbonat ve diğerleridir. Boratlar salarların üst kesimlerinde **bulunurlar. Üleksit** ve boraks olmak üzere iki mineral tura 'bulunmuştur. Boraks, çamur içinde büyüyen özbiçimli **kristaller** şeklinde az oranda bulunur. **Ekonomik** oranda boraks sadece **Cauchari ve Turi-Lari salarlarında** bulunur. Üleksit» **nodüller ve masiv** katmanlar şeklinde olmak üzere başlıca **iki** şekilde **bulunur. Nodüller**, "papas" veya patates ve masiv **üleksit** ise "barra" diye adlandırılır, Nodüller, 5-10 cm çapında ve güneşte kurutulmuş şekliyle **% 30 B2O3 tenörlüdür.** Üleksit katmanları salarlarda 1 **noukahlığa** kadar erişirler. Üleksit içeren başlıca salarlar **Hombie Muerto, Ratonés, Diablillos, Centenario, Pastos Grandes, Pozuelos, Rincon, Cauchari, Olaroz, Salinas Grandes ve Quayatayoc'dur.**

Andlardaki diğer bir özel borat yatağı, tipi termal su kaynakları ve gayzerlerle **ilişkilidir.** Doğrudan **doğruya** sıcak suların oluştuğu güncel üleksit **yataklarından** iki örnek vardır. Bu örneklerden bir tanesi Quevar **Volkanının** yamacında bulunan sıcak su **kaynağından** oluşan Antico, diğeri ise Şili'deki küçük **bir havzanın kenarında** bulunan sıcak su **kaynağından** oluşan Salar **Siniredir.** Sıcak su kaynakları genellikle üleksit, bazı örneklerde boraks ve bir örnekte ise magnezyum **boradan (pirmoit ve indent)** oluşturmuştur.

Borat **yataklarını** içeren salarlar, çözeltilerde mevcut olan lityum yönünden de zengindir. Li ve B arasında yakın bir ilişki mevcuttur. Gayzerlerde, jeokimyasal analizler B, As ve Sb arasında yakın bir ilişkinin olduğunu vurgular. **Bazı** gayzer ve kaynakların çevresinde veya taban kesimlerinde diğer metallerin epitermal **yataklarının** bulunması önemli niteliktedir. Sıcak su bor yatakları ile yakından **ilişkili** gümüş yatakları çok yakın tarihte **bulunmuştur.**

Özetle özgün **volkano-tektonik** konum, kurak iklim, ve aktif sıcak su kaynakları borat ve diğer **tuzların** oluşmasına neden olmuştur. Başlıca yatakları» kontinental volkanik, ada yayı ve Altiplano-Puna. platosunun iç kesimlerdeki havzalarla yakından **bağlantılıdır. Andların** güncel gelişimi» volkanik ada yayının oluşumu ve bunlarla bağlantılı gayzer ve sıcak su kaynakları» karasal borat ve diğer tuzların oluşumunu **sonuçlayan** neden ve verilerin çalışılması için en önemli doğal **laboratuvar koşullarını** sağlarlar.

GİRİŞ

Arjantin Salta Üniversitesi ve araştırma kuruluşu olan. CONICET'in davetlisi olarak **Nisan-Temmuz** 1987 tarihleri arasında **yaklaşık itdbuçuk** aylık bir süre içinde, Latin Amerika'da bor yatakları yönünden en büyük potansiyele sahip Arjantin başta olmak üzere. **Şili ve Bolivya'da, tüm yatakların jeolojisi, mineralojisi, rezervi ve üretim durumundan** hakkında kapsamlı araştırma ve inceleme yapılmıştır.

Bu inceleme, özellikle **tüm** bor yataklarının bulunduğu And **dağlarının Altiplano (Puna)** bölgesinde 45 günlük bir saha çalışması» daha sonra Arjantin, Şili ve **Bolivya'da**id çeşitli araştırma, kuruluşları ve bor endüstrilerinin ziyaret ve **incelemele-iyle** sürdürülmüştür. Konuyla **ilgili** olarak **dokumanlar** derlenmiş ve Türkiye'de Üniversite ve Etibank için ileriye dönük **bağlantıların** ilk adımları, atılmıştır.

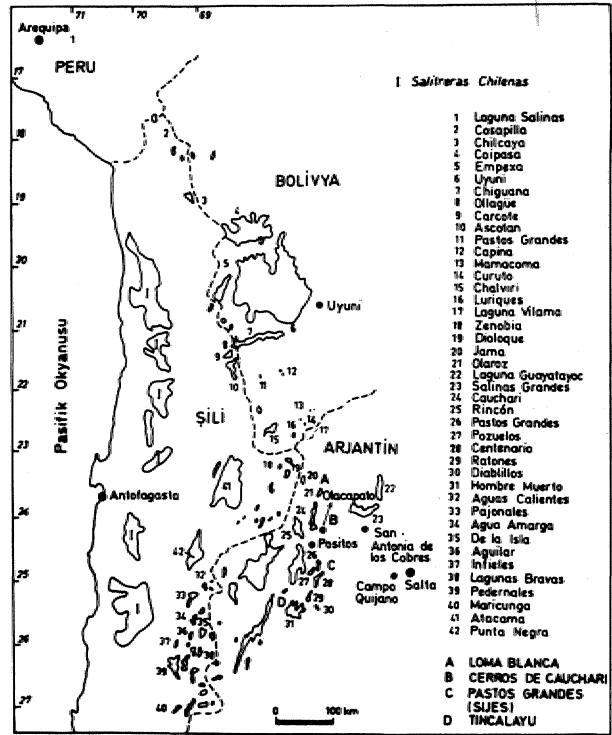
Bu yazıda» Latin Amerika'daki bor **yataklarının** bulunduğu bölge jeolojik ve rezerv **durumları**, mineralojileri ve belli başlı üretilen bor mineralleri, ile bu minerallerden üretilen **ürünler ve pazarlama sorunları** irdelenecektir.

LATIN AMERİKA BOR YATAKLARI BÖLGESİNİN (ALTIPLANO=PUNA) GENEL TANITIMI

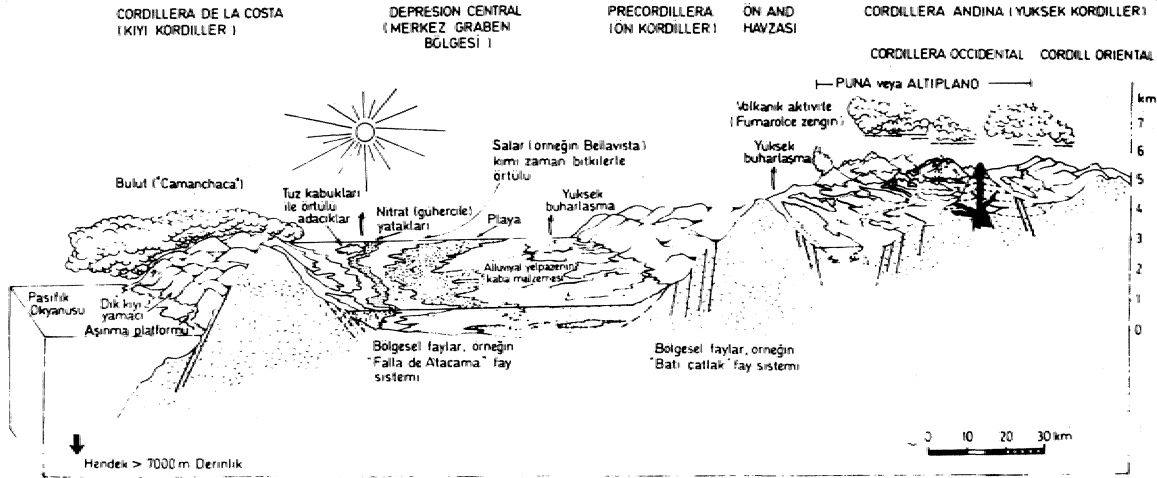
Güney Amerika bor yatakları, And **dağlarının** yaklaşık 1000 **km²lik** kesiminde Altiplano (Pu.no) diye isimlendirilen bölgede Senozoik yaşlı **volkano-sedimenter** kayalar içinde yer alırlar. Altiplano (**Puna**) bölgesinde kırktan fazla bor yatağı saptanmış ve bu yatakları Peru, Arjantin, Bolivya ve **Şili'nin** birleştikleri **genellikle Ana dağlarının** yüksek kesimlerinde oluşmuştur (**Şekil 1 ve 2**). Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Meksika» Çin, İran ve Tibet'teki yatakları oranla Güney Amerika yatakları daha düşük **deformasyon.** ve diagenез geçirmişlerdir. Tüm Güney Amerika bor yatakları Neojen (Miyosen), **Kuvaterner ve güncel** olarak üç farklı zamanda olmak üzere **volkano-sedimenter ortamlarda» playa-göl,** sıcak su kaynağı çevresinde, gayzerlerde ve salarlarda oluşmuş veya **oluşumları** halen sürmektedir. Güncel bor yatakları ya gayzer ve sıcak su **kaynaklarının** hemen çevresinde ya da borca zengin sıcak su kaynaklarının beslediği salarlarda **oluşumlarını** sürdürmektedir (**Şekil 3**),



Şekil 1 Latin Amerika'daki borat bölgesi. Taralı alan borat bölgesinin yayılımını gösterir.



Şekil 2 Latin Amerika'daki bor yataklarının dağılımı ve önemli salar ve yatakların isimleri şekilde gösterilmiştir (Alonso ve Viramonte 1985'ten alınmıştır).



Şekil 3 And dağlarının Puna (Altiplano) bölgesinde salarların konumunu gösteren kesit (Chong Diaz, 1984'ten alınmıştır).

And dağlarının Altiplano diye isimlendirilen merkezi bölgesi, yalnızca 2 ile 25 cm yıllık yağış miktarı, soğuk rüzgarlar ve yüksek mevsimsel ve günlük sıcaklık değişimlerine sahiptir. Peru ve Şili bölgesinde And tekto-volkanik kuşak, geniş, çizgisel, sıkça kuzey-güney yönünde uzanan dağ silsileleri ile ayrılan salarlardan (playalar) meydana gelen kapalı havzalardan oluşur (Şekil 3). Miyosen

ve Pliosen devrinde Batı ve Amerika Birleşik Devletlerinin batı kesimlerinde bor yataklarının olduğu havzalarda da And dağlarındakine benzer durum geçerli olmuştur.

And dağlarının Altiplano (Puna) bölgesi Şili, Arjantin, Bolivya ve Peru ülkelerinin ortak sınır bölgelerindeki geniş bir alanı kapsar (Şekil 1).

GENEL JEOLJİ

Güney Amerika, bor yatakları, Tersiyer'den (Miyosen) Kuvaterner'e kadar değişen, zaman sürecinde volkano-sedimenter kayalar içinde, eski playa, sıcak su kaynağı çevresi ve düzensiz katmanlı salar yatakları şeklinde 3000 ile 4400 m arasında değişen yükseklikteki Occidental Cordillera ve Altiplano bölgelerinde gözlenirler (Şekil 3). Saladan kapsayan, havzaların teşelini genellikle Senozoyik ve yaşlı sedimenter kayalar ve daha yaşlı Prekambriyen ile Mezozoyik zaman aralığındaki yaşlı metaklasik ve plutonik istifler oluşturur (Muessig, 1966; Turner 1964; Chong Qlaz, 1984; Alonso, 1936).. Şili'de bazı salarlar hem Mezozoyik hem de Tersiyer'den (Pliyosen) tüm Kuvaterner volkanikleri ile yakından ilişkilidirler., Arjantin de ise, borat ardalanması içeren Tersiyer karasal sedimenlerin yüzlekleri güncel salarların bulunduğu birçok havzanın, kenarları boyunca (Muessig, 1966).

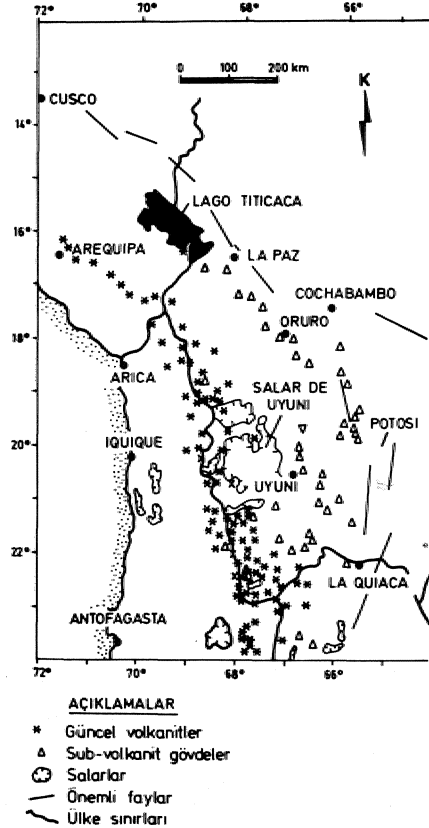
And dağlarının oluşumunda magmatik olayların önemli rol oynamasına karşın,, Orta And dağları bölgesindeki bor yataklarının oluşumu ile ilgili önemli volkanik, olaylar Miyosenden, günümüze dek aktif olanlardır., Bu volkanik aktivite ise Nazca levhasının dalmasına paralel, olarak batıdan doğuya, diğer bir deyişle Şili'den Arjantin'e doğru, kayma, gösterir.. Böylece, Mezozoyik sonu ve Tersiyer başı (Paleosen ve Eosen) volkanizması Şili içinde,, Şili-Arjantin sınırında etkili olmasına karşın; Tersiyer sonu (Miyosen ve Pliyosen) ve Kuvaterner volkanizması Şili-Arjantin-Bolivya sınırlarında ve daha çok Arjantin ve Bolivya içlerinde aktif olmaktadır. And dağlarının orta kesimindeki güncel volkanizma Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'in ortak sınırları bölgesinde olup, bu alan bor dağılım bölgesiyle çakışmaktadır (Şekil 4).

Günümüzde Orta Andlar bölgesinde volkanik aktivite çok azdır., Sadece Peru'nun güneyinde, kuzey Şili ve Şili-Arjantin ortak sınırının kuzey kesiminde volkanizma günümüzde de aktif vitesini sürdürmektedir. Geriye kalan kesimlerde ise volkanik faaliyet fumaral solfataras ve gayzerler ile sınırlanır. Yüksek Cordillera (High Cordillera.) boyunca 5000 ile 6800 metre arasında değişen yüksekliklerde 600 civarında ve genellikle lav ve piroklastik aşdalanması sunan, straktovolkanlar gözlenir (Şekil 3). Volkanik kayaların yaşlı planları alkanin, riyolitik, dasitik birimler, genç olanlar ise baskın olarak andezitlerdir. Orta. And dağlarında, ignimbit katmanları, 20 milyon yıldan daha uzun bir süre boyunca Oligosen ve Miyosen

aralığı ile Pleistosen'in başlarında oluşmuştur (Zeil, 1979).., Orta Andlarda volkanik aktivite bölgelere göre değişim, göstermekte, kuzey ve güney kesimlerinde yaşlı ignimbit kalmaları ile daha genç stratavolkanlar yer alırken, orta kesimde baskın olarak çok büyük oranda riyolitik ignimbit katmanları ve yüksek silis içerikli andezitlerden oluşan kalk-alkalin kayalar yendir.

Andların orta kesimindeki tektonik kıvrımda karasal kabuğun kalınlığı, kuzey ve güney kesimlerdeki kabuktan 20 km daha kalın olup 70 km kalınlığa erişir (Zeil, 1979)..,

Orta Andların Batı Cordillera (Western Cordillera) kesimindeki baskın kalk-alkalin karakterli kayalar, Batı Anadolu ve Amerika Birleşik devletleri'nin batı kesimindeki bir model kalk-alkalin volkaniklerine çarpıcı şekilde benzedik gösterirler., Yaşlı riyolit, serisi kayaları genellikle riyolit ve riyodasitik ignimbitlerle temsil edilirler. Genç andezitik volkanikler ise başlıca latit ve andezitlerle karakterize edilirler. Riyolitler ve andezitler yer yer, zaman zaman ve jeokimyasal olarak bağlantılıdır (Zeil, 1979). Her iki grupta kalk-alkalin volkanik serilerine ait olup, iki grup arasında açık



Şekil 4- Andların orta kesimindeki Senozoyik yaşlı güncel, volkanik ve sub-volkanik yaşlı güncel, volkanik ve sub-volkanik gövdeleri.

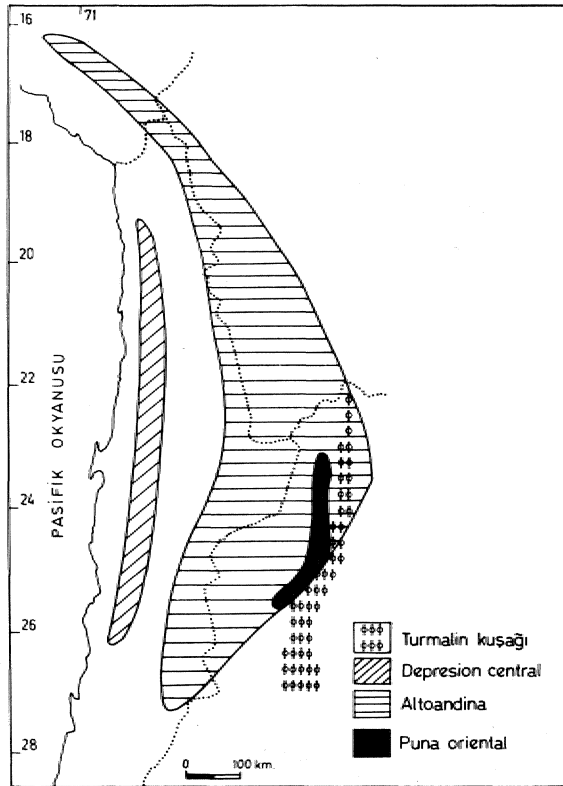
bir petrografik geçiş mevcuttur. Bu volkanik kayalar,, bölgedeki kabuksal malzemenin kalın bir kesitinin dalma zonunda ergimesi sonucu oluşmuşlardır (Zeil, 1979).

PUNA BÖLGESİNİN BOR KAYNAKLARI

Orta Andlardaki uzun süren jeoloji ve madencilik çalışmaları sonucu, özellikle Altiplano-Puna bölgesi, "Boraih Orta Aodlar Bölgesi = Provincia Boratifera Centroandina" metalojenik bölgesi olarak isimlendirilmiştir (Alonso ve Viramonte» 1985).. Bu metalojenik bölge, Orta Andlardaki Se» nozoyik volkanik yayın tarihî ve gelişimi ile yakından, ilgilidir.

Bölgedeki yatakların yaş, mineraloji, orijin ve jeolojik-tektonik ortamlarına göre bu metalojenik bölge alt bölgelere de ayrılmıştır: Subprovincia Boratifera Altoandia, Subprovincia Boratifera de la Puna Oriental ve Faja Turmalinica (Alonso ve Viramonte, 1985) (Şekil 5).

Bu borat metalojenik bölgesi, 1500 km uzunluğunda, 450 km genişliğinde ve 400 000 km²İşk elips şeklinde bir alanı kapsar» Bu. bölgede başlıca üleksit, boraks, hideoborasit, kolemanit ve inyoit mineralleri olmak üzere yaklaşık % 20 B₂O₃ tenörla 100 000 000 lon borat içerir (Alonso,, Vñi-



Şekil .5 Orta Andlarda (Centroandinas) borat alt bölgelerini gösteren harita (Alonso"ve Viramonte, 1985'ten alınmıştır).

monte, 1985),,,

Latin Amerika'daki borat metalojenik bölgedeki en önemli yataklar Arjantin'in Salta, ve Jujuy eyaletlerindeki Miyosen yaşlı Tincalayu boraks» Sijes hidroborasit ve kolemanit, Loma Blanca, inyoit ve boraks yataklarıdır. Sijes yatakları çevresinde daha. az ekonomik ve teras şeklinde Kuvaterner yatakları mevcuttur. Latin Amerika'daki Salar türündeki güncel yataklarda ise kaya tuzu, sülfat, tuzları ve lityum tuzlarının yanı sıra başlıca, üleksit ve boraks yatakların önemli ekonomik mineral bileşenlerdir. Sıcak su kaynakları ve gayserlerde ise üleksit baskın mineraldir.

Güney Amerika'nın bor kaynaklarının çok fazla olduğu düşünülmesine karşın kesin rezervleri veren bilgiler son derece eksiktir., U.S. Bureau of Mines,, Latin Amerika'daki borat yataklarının rezervini ortalama % 20 B₂O₃ tenörlü olmak üzere 90 milyon ton olduğunu belirtir.,

Borax Consolidated Ltd. Şirketi 1852 yılında Güney Amerika'daki çeşitli, salar yataklarından üleksit üretmeye başlamıştır. Güney Amerika'daki en eski işletme Şili'deki Salar de Ascotan'da başlamıştır (Şekil 1). Şili dünya üretiminin yaklaşık üçte birini karşıladığı zaman,, 1914 yılında 36 000 ton "üretim erişmiştir. ABD'de borların, fiyatlarının düşmesine paralel, olarak Şili'deki üretim azalmıştır ve 1929 yılında durma noktasına, gelmiştir (Bain and Read, 1934),,, 1979 yılında yaklaşık 27 000 ton cevher Alacama ve Ascotan salarlarından üretilmiştir. Yaklaşık, yılda. 27 000 ton bor cevheri, yan ürün olarak Alacama salarlarındaki lityum ve potasyum tuzları işlenmesinden üretilmektedir (Dickson and Harben, 1983; Lyday, 1984),,,

Güney Amerika'daki en önemli bor cevheri üretimi Arjantin'in Salta eyaletinde yapılmaktadır. Hombre Muerto salarının kuzey kesimini oluşturan Tincalayu yatağından yılda yaklaşık 136 000 ton boraks cevheri, üretimi yapılabilmektedir., Bu yataktan 1983 yılındaki üretim 140 000 tondur (Lyday, 1983). Peru'daki Laguna Salinas'dan 1894'ten 1920'lere kadar üleksit üretimi ve ihracı yapılmıştır ve Peru'dan toplam üleksit ihracatı,, 1930 öncesine kadar yaklaşık 91 000 tona erişmiştir. Peru'nun üretimi halen daha Laguna Salinas'a bağlıdır ve bu salarlardan yıllık, üleksit cevheri üretim kapasitesi 27 000 tondur., Şu an için Bolivya'da yapılan bor üretimi son derece limitlidir.

Salar Yatakları

Güney Amerika'daki salar yatakları genel olarak üleksit (NaCaB₅G9.8H₂O) içerir, fakat inyoit

(Ca₂OB₆O_{1,13} H₂Q) ve boraks *Qia₂B_p, İQH₂O*) bazı salarlarda ekonomik, oranda tesbit edilmiştir. Kolemanit O^EE^Ön-SEy)) çok ender olarak bir iki, salarda tesbit edilmiştir (Buttgenbach, 1901; Ericksen, 1963).

• Salar yataHannadaki boratlar genellikle Latin Amerika'da "papas" diye tanımlanan salar yüzeyine bir metrelik derinlikte nodüller, merccekler veya ince bant ve düzeyler şeklinde bulunurlar.. Bu salar yataklarının bir çoğu salar çevresinde veya içinde tüllerle yakından bağıntılıdır ve bu salarların havzaları sıcak, ve soğuk su kaynakları ile beslenmektedir.

Salar borat yataklarının şekilleri ve yayılımları çoğunlukla düzensizdir. Boratlar, genellikle çamur, kil, kum, ve sül matriksi içinde bulunur. Jips, halic ve diğler tuzların borat düzeyleri ile yakından ilişkili olduğu çoğunlukla gözlenir. Salarların ku.ru yüzeyinin (yüzey kabuğunun) altındaki, şedimentler genellikle ıslaktır. Salar havzalarının birçoğu sınırlı veya iç drenaja sahip olup» bir kısmı ise eski kıyı çizgilerine veya yaygın ve devamlı borat dağılımı gösterir., Salar içindeki boratların çevredeki eski kayaların aşınma ürünü olduğunu veya salar içindeki durgun derin su gövdesinden çökeldiğini gösteren hiçbir veri yoktur. Borlar, saladan besleyen volkanizma ürünleri ile bağıntılı sıcak suların salar havzası için B ile Ca ve Na elementlerinin konsantr olmaları, sonucu çökeymişlerdir. Borat zonlan'3 m kalınlığa kadar değişebilir ve yaklaşık olarak % 20 B2O3 içerirler.. Salar içinde karbonatlar genellikle ya azdır veya hiç bulunmazlar.

Borat içeren, salarların coğrafik dağılımı, Andlann orta. kesimindeki Batı Cordillera'daki (Western Cordillera) Senozoik volkanizmasının çevresinde bulduklarını gösterir (Şekil 2 ve 4). Volkanlardan uzağa gidildikçe, örneğin doğuya doğru Altiplano veya batıya doğru kıyıya giden çöl bayırlarında, salar borat yatakları, hızlı şekilde kaybolur (Chamberlain, 1912).., Volkanik olmayan Doğu Cordillera (Eastern Cordillera) ile ilişkili hiçbir borat yatağının bulunmayışı da boratların volkanilerle yakından, bağlantılı olduğunu gösterir.

Arjantin, Peru, Boliviya ve Şili'de borat içeren, 35 tane salar bilinmektedir (Muessig, 1966; Alonso, 1986). Bu salarların herbiri birkaç binden birkaç milyon, tona kadar borat içerir.. Salarlar çok geniş (birkaç yüz km²) alanları kapsarlar.. Sal adarın bir çoğunda madencilik koşulları, iklim şartlarındaki çok büyük farklılıklar yükseklik ve salar

yüzeyine çok yakın yeraltı su, tablasının mevsimsel oynamasından dolayı çok zordur. Bunlara ek olarak, liman noktalarına veya rafinerilere uzaklıkları çok fazla olup, dünyanın başka yerlerindeki borat yataklarına oranla ulaşım ve nakliye son derece güçtür. Birçok Güney Amerika borat yatağı mekanik olmayan, ilkel yöntemlerle işletilir ve bor cevherleri rafineriler veya limanlara küçük kamyon veya Uurlarla taşınır., Tren ile taşımacılık sadece belli yörelerden yapılabilmektedir.,

Sıcak Su. Kaynağı Yatakları (Spring apron deposits=geyser deposits)

Borat sıcak su kaynağı, yatakları, bir çatlak, bir zayıflık zonu veya koniden çıkan borca zengin su ve gazların hemen kaynak yerinde veya çok yakın çevresinde kristalleşmesi ve çökmesi sonucu oluşurlar. Bu tür yataklar genellikle küçük boyutlu.» borat minerallerinin kesikli düzeyler şeklinde veya termal kaynaklar tarafından getirilen diğler mineralerle kaşık şekilde gözlenirler. Arjantin ve Peru'da onbeş adet sıcak su kaynağı yatağı bilinmektedir.. Bu yataklar koni ve önü şeklinde üleksit ve sadece bir yalakta ise boraks içerir,.. Diğler Senozoik yaşlı borat, oluşumlarında olduğu gibi, bu yatakların çevresinde de benzer volkanik kayalar.ard.an riolit ve andezit bileşimi i seriler gözlenir.

Güney Amerika'da, borat sıcak su yatakları çok güzel şekilde gelişmiş ve korunmuşlardır., örtü şeklindeki, yataklar günümüzde bazı örneklerde görüldüğü gibi halen daha gaz ve çeşitli sıcaklıklarda veya. soğuk, su üreten baca ve konilerin çevresinde örtü. şeklinde gelişmişlerdir. Birçok yatakta, eski borat düzeylerini örten, geç evre tüller bulunur (Kistler ve Smith, 1983). Sıcak su kaynağı örtü. yatakları genellikle küçük boyutlu olup, ortalama tenoru % 20 B2O3 olan sadece birkaç yüz tondan birkaç bin tona kadar borat kapsarlar.. Her ne kadar ayrıntılı kimyasal çalışmalar yeterli olmasa da diğler tipteki borat yataklarında olduğu gibi borun kaynağı, bu tür yataklarda da volkanik kökenlidir.

Playa (Salar=Tu7Ja) ve Sıcak Su Kaynağı Yataklarının Kökeni (Origin of Playa and Spring Apron Deposit)

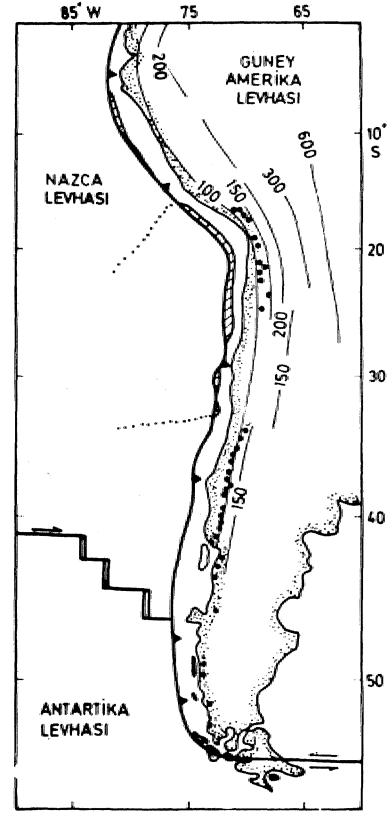
Volcano-scd i m ante r formasyonlarda bor içeriğinin artışının alta bindiren liosferik levhalarla ilişkili olduğu saptanmıştır (Ozol, 1976),» Ayrıca, Tersiyer kayalarındaki bor birikimine karasal, asidik-ortaç karakterli volkanizmanın eşlik ettiği bilinmektedir« Güney Amerika'daki bor yatakları da Orta Andlarda lokalize olmuş Senozoik volkanik ak ti vite ve bağlantılı sıcak su kaynakları ile yersel

ve zamansal olarak ilişkilidirler,.. Salar yatakları, havza içine akan sıcak su kaynağı kökenli bor çözeltilerinin sonuçlandır. Bor ve birlikte bulunan klor» volkanik kökenlidirler (Muessig, 1966; Helvacı ve Alonso, 1989).

Güney Amerikan bor yatakları, için volkanik olmayan orijin ayrıntılı saha jeolojisi ili skileri ışığında geçerli değildir. Bilinen bor yatakları çevresinde veya daha alt düzeylerde benzer stratigrafide borca zengin kayalar olmadığı ve çok sınırlı drenaj alanı olduğu için çevre kay açların ayrışması sonucu mevcut, bor yataklarının oluşması da söz konusu olamaz. Diğer taraftan çevredeki daha yaşlı bor yataklarının yıkanması sonucu olarak bugünkü yatakların oluşması mümkün değildir. Dünya genelinde, yüzey (effusive) ve piroklastik kayalardak Uen yüksek bor içeriği (50-1000 gr/ton), Pasifik Okyanusu ve Alp-Himälaya tektovolkanik kuşaklarda aktif levha sınırlarında ada yayı sistemlerindeki volkanik kayalarda bulunur (Ozol, 1976). Bu kayalardaki asıl bor getirici malzeme volkanik camlardır (Bczina ve diğer., 1975).. Yüzeide magma kristalizasyonu sırasında, borun büyük bir kesimi artık ergiyikte, kısmen de uçucularda toplanır. Volkanik patlamalar arasında şayet bor diğer uçucu bileşenler ile toplanırsa» gaz kaçağı ve göçme ile magma çemberinden ayrılır ve kırıklı zonlardan yüzeye doğru gaz buharı kaynağı şeklinde erişir.. Bu olasılık, Pasifik ve Alp-Himalaya volkanik kuşağındaki gazlar ve hidrotermal çözeltilerdeki yüksek bor içeriği ile desteklenir. Senozoyik havzalara akı bor içeriği, genellikle alta bindirme zonları ile ilişkili olan volkanik kayalarda en yüksektir, Bor içeriği, rift zonlardaki havzalarda az, volkanik etkinliğin az veya olmadığı sahalarda ise en düşüktür. Ayrıca, yitim, tektoniği sahalardaki termal sulardaki bor kapsamı (600-800 mg/l), Okyanus ortası sırtlarında veya rift zonlanndaki (yanlızca yaklaşık 10 mg/l) bor içeriğine oranla son. derece yüksektir (Ozol, 1976).

Güney Peru. ve Kuzey Şili'de bazı kesimlerde fümerai ve solfatara. etkinlikleri olmasına karşın, Güney Amerika'nın orta. kesimlerindeki volkanik etkinliğin bugünkü düzeyi düşüktür. And. Dağlan, morfolojik olarak yüksek dağlan oluşturan volkanik, ve magmatik yapılarla karakterize edilir. Bu malzemenin büyük bir kesimi Miyocen'den günümüze dek süren volkanik olaylarla üretilmiştir., Bu volkanizma, And dağ silsilesinin Fay tektoniği ve yükselmesi ile doğrudan doğruya, ilişkilidir. Orta Andlarda, Scnozoik' /volkanizmasının merkezi. Peru, Boliviya, Şili ve Arjantin

sınırlarındaki bölgede bulunmaktadır (Zeil, 1979). Bu bölge veya zon 2000 km uzunluk ve 100 veya 200 km genişlikte olup (Şekil 4) dünyanın en yüksek ve en büyük sayıdaki volkanlarını kapsar (Zeil, 1979), Francis ve Rundle (1976), sadece son 10 milyon yılda» 21 ve 22 güney enlemleri arasındaki Kuzey Şili'nin Yüksek Kordillera (High Cordillera) kesiminde yaklaşık 2000 km³ volkanik malzemenin oluştuğunu öngörmüşlerdir. Volkanik kayaların kalın kesiti kaynak köklerini, tayin etmeyi zorlaştırır, fakat volkanik malzemenin, bu tür büyük miktarının kırık sistemi ile bağlantılı olduğu sanılmaktadır. Güney Amerika bor yatakları, zaman ve yer yönünden orojenik, kuşağın, doğrultusunu izleyen riyolit ve andezitlerle yakından bağlantılıdır.. Andezitler,, ilksel olarak 'yakınısyan levha sınırlarıyla bağlantılı olacak şekilde belirgin tektonik, yerleşime sahip olup, başka yerlerde sınırlı miktarlarda bulunurlar. Andezitlerin bir dizisi Pasifik levhasının batı ve kuzey sınırları ile Juan de Fuca, Cocos ve Nazca levhalarının doğu sınırları boyunca oluşmuştur, Peru-Şili hendeği,



Şekil 6 Güney Amerika'nın tektonik konumu. Gölgeleme alanlarının derinliği 3000 kulaçtan (fathoms) büyük kesimleri kapsar. Levha sınırları. Forsyth (1975) ten sismik konturlar Barazangi ve Isachs (1976) dan alınmıştır. (Gill, 1987'den alınmıştır).

Güney Amerikan ve Nazca levhalarının sınırında bulunmaktadır (Şekil 6 ve 7).

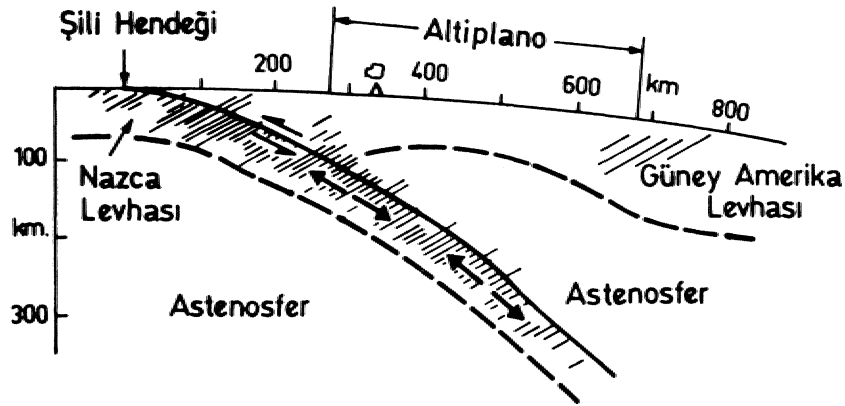
Peru-Şili hendeği, andezilik volkanik cepheden yaklaşık 250 km mesafededir (Şekil 7 ve 8) ve bu bölgede volkanik yay yaklaşık 50 km genişliktedir. Dalan sismik zonun üzerinde volkanların yüksekliği 80 ile 250 km arasında değişir ve sismik zonun eğimi yaklaşık 35 derecedir (Barazangi ve Isacks, 1976), Nazca ve Güney Amerikan levhaları yılda 10.3 ile 10.8 cm arasında değişen bir miktar kadar birbirlerine yaklaşırlar. Orta Andlar bölgesinde kabuk kalınlığı 70 km'ye yaklaşır (James, 1971). Bu bölgede dalma 175 ile 200 milyon yıl arasında değişen bir zamandan beri olagelmektedir (Gül, 1981).

Nazca, levhası», Peru ve Şili'nin altında en azından dört parçaya ayrılır ve 25° den daha büyük bir açıyla dalan bu parçalardan sadece ikisinin üst kesiminde aktif volkanik sahalar bulunmaktadır (Barazangi ve Isacks, 1976)., 13ü volkanik aktif sahalar, Orta Andlardaki bor yataklarının bulunduğu kesimlere karşıt gelir. Peru-Şili hendeğinin bulunduğu sahada, astenosfer karasal ve okyanusal levhalar arasında 90 km. derinliğe erişen sandeviç şeklinde sıkıştırılmıştır... Güney Amerika'daki baskın orojenik andezitler ile volkanların 90 veya 200 km derinliklerinde dalan litosferin varlığı arasındaki yersel ve zamansal ilişki, dalan litosferin andezitlere bileşimsel olarak katkıda bulunduğunu vurgular veya yakınsama (yitim) olayının kendisi bu mekanizma içinde ayrılaşmayla andezitleri sonuçlan

Güney Amerika ve dünyanın diğer kesimlerinde bor yatakları, yukarıda sözü. edilen tektonik model ile yakından ilişkili olarak görüldüğünden, andezit ergiyiğinin kökenini ve göç etme mekanizmasını anlamak önemlidir. Ergiyiğin kökeni yitim olaylarına bağlı görünmesine karşın,, orojenik kalk-alkalin volkaniklerin kökeni ve buna bağlı yüksek bor konsantrasyonu için değişik çeşitli teoriler ve görüşler mevcuttur. Gill'in (1981) bu konudaki görüşleri aşağıdaki gibi özetlenebilir

1. Oksitlenme koşulları, altında bazaltik bileşimli yan. kabuksal ilksel magmanın kristalleşerek ayrılaşması.
2. Derinlerde bulunan, kabuksal malzemenin kısmen veya tamamen anateksiye uğraması.,
3. Simatik bazaltik magmanın sialik malzemenin anateksisinden ikincil asit. ergiyiklerle karışması.
4. Sialik malzemenin simatik bazaltik magma tarafından özümlemesine (assimilation) ek olarak kristalleşerek ayrılaşması.
5. İlksel andezitik magmanın oluşumu ile üst manto malzemesinin karışımı.

Elde olan güncel veriler, bir andezit ve borun ortak ergi yığının mantodan, mı yoksa kabuktan, mı türediği; •volkaniklerin, ayrılaşma ürünü mü yoksa bir kesim karasal kabuğun kısmen veya tamamen ergimesinden mi oluştuğu; ya da kökenin bir kıtadan kenarında dalan okyanusal litosferik levhanın kesikli olarak eklenmesi mi olduğu, konusun-



Şekil 7 Orta Andlardaki levhaların tektonik konumu. Profil, Kuzey Şili'de Nazca levhasının dalma geometrisini gösterecek şekilde kuzeye bakılarak çizilmiştir. İnce çizgiler hiposentirleri, oklar ise dalan Nazca levhasındaki gerilme kuvvetlerini gösterir (Zeil, 1979'den alınmıştır).

da tüm veriler son derece kesin ve açık değildir.

Bu ergiyiklerdeki bor içeriğinin konumunu açıklamak çok daha zordur. Şayet tor, bir magma çemberinin ilksel ergiyiğinde uçucu olarak bulunursa magma çıkışı sırasında, veya öncesinde eksolüsyon olarak kaybedilmesi büyük bir olasılıktır. Magma çıkışı sonrasında camlaşma (devitrifikasyon), ayrışma veya allerasyon ile de bor kazanılır veya kaybedilir., Böylece Güney Amerika ve dünyanın diğer kesimlerindeki büyük Senozoyik bor yatakları ile yakından ilişkili olan orojenik andezitlerdeki magma çıkışı öncesi bor konsantrasyonlarını tayin etmek veya saptamak oldukça güçtür.

Orta Andlarda salarlar (tuzlalar) ve sıcak sulardaki çok büyük bor konsantrasyonları ile Senozoyik volkanizmasının merkezleri arasında çok belirgin bir korelasyonun varlığı mevcuttur. Buna ek olarak, volkanik bölgeler ile olasılıkla kabuğun derinlerine kadar inen kırık zonlarıyla bağlantılı olan Orta Andlardaki grabenler arasında çok yakın bir ilişki vardır. Volkanikler ile levha tektoniği arasındaki bağlantı daha çok yorumsaldır. Senozoyik volkanik, malzemenin yaklaşık 200 km'lik bir derinlikten kaynaklandığı (Benioff zonunun üst kesimine kadar olan bir derinlikten), yitim olayının Miyosen'den önce başladığı ve birçok milyon yıl aralıksız kesilmeden devam ettiği şeklinde yorumlanması bazı çalışanlar tarafından olanaksız olarak değerlendirilmektedir (Zeil, 1979). Ozol'unda

(1977) dahil olduğu diğer çalışanlar. Güney Amerikan kalk-alkalin magmasının okyanusal kabuğun 150-200 km derinliklere kadar yitimi ve yeniden ergimesi sonucu oluşan andezitlerle yakından bağlantılı olduğu fikrini benimserler. Borca zengin her iki serpantin ve denizel killeri de içerebilen okyanusal kabuk malzemesi. Güney Amerika'da olduğu kadar Kuzey Amerika ve Alp-Himalaya bölgelerinde de Benioff zonlarının üstünde belirgin bor yatakları oluşumu için gerekli, olan bor miktarını üretebilir.,

Orta Andlardaki bor yatakları ile ilişkili kalk-alkalin volkaniklerin kökenine bakılmaksızın» Güney Amerika'daki tüm veriler dahan levha tektoniğiyle ilişkili derin kırıklardan gelen hidrotermal çözeltiler termal kaynaklar ve kalk-alkalin volkanikler ise kaynak örtü (spring apron) ve salar (tuzla) tipi bor yatakları için bor kaynağı oluşturduğunu gösterirler.

MİNERALOJİ

Latin Amerika'daki Neojen yaşlı yataklar,, Kuvaterner ve güncel yaşlı salarlar ve gayzerlerin tümünde gözlenen en önemli ve ekonomik değeri olan mineraller boraks, üleksit, Mdiobiasit, kolemanit, kemit ve inyoittir. Neojen yaşlı yataklarda işletilen en önemli ekonomik, mineraller sırasıyla boraks, üleksit» hîdroborasit, kolemanit, kemit ve inyoittir. Bu önemli ekonomik bor minerallerinin yanısıra az ve eser miktarda çok değişik bor mineralleri var olup bunlar Çizelge 1» 2 ve 3'te her yatak için ayrı ayrı verilmiştir.

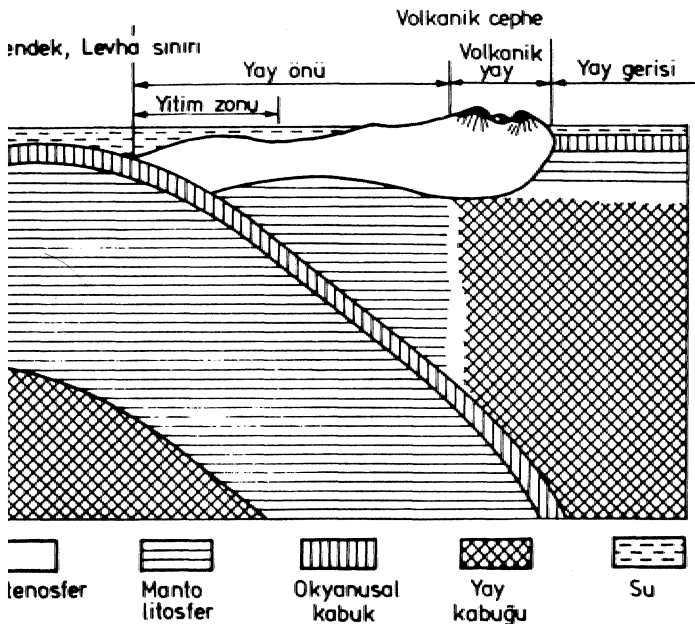
Salarlarda (=tuzlalarda) ekonomik olarak en önemli bor mineralleri üleksit ve borakstur. Bunların yanısıra az oranda inyoit, ve eser miktarda kolemanit ve hîdroborasit tespit edilmiştir*. Gayzerlerde ise baskın mineraller üleksit, boraks ve pinnoittir., Çizelge 4'te Arjantin'deki gayzer tipi bor oluşuklarındaki minerallerin listesi verilmiştir.

* Kuzey Arjantin'deki bir güncel playada saptanan inyoit Helvacı ve Alonso (1989) tarafından tanımlanmıştır.

ÜRETİM

Şili

1950 öncesine kadar Şili'nin en önemli borat üretimi Salar de Ascotan'dan gelmekteydi. Ascotan'daki bor madenciliği 1883'e başladı, 1913'te yılda 36.000 ton ile en yüksek notaya erişti ve 1967'de durdu. Salar de Ascotan'daki üleksitin büyük bir kesimi» sıcak su kaynağı ortamlarında



Şekil 8 Yakınsayan levha sınırları (Okyanusal levhalar) için terminoloji (Gill, 1981'den alınmıştır).

Çizelge 1. Tincalayu yatağındaki bor mineraleri

Mineral İsmi	Kimyasal Formül
Boraks veya Tinkal	$Na_2[B^*O_5(OH)_{11}] \cdot 8H_2O$
Tincalkonit	$Na_2[B_{11}O_5(OH)_{11}] \cdot 3H_2O$
Kernit	$Na_2[B_4O_5(OH)_2] \cdot 3H_2O$
Ö 1 e k s i t M a C a [U e D e (O H) e] . 5 H 2 O	
Ezkurit	$Na_2[B_4(OH)_5] \cdot 5H_2O$
aa e g binit N a 2 l B 3 O 3 (O H) 4)	
Rivada vit	$Na_{11}Mg[B_3O_4(OH)_2] \cdot 8.14H_2O$
A r i s t a r a i n i t K a 2 H g f B] 7 O 2 o .] \cdot T O H 7 O	
M a k a l l i s t e r i t 11 g [B e O e (O H) 2] . 6^{1-2} H 2 O	
Inderit	$Mg[B_3O_5(OH)_5] \cdot 5H_2O$
Kurnakovit	$Hg[B^*O_5(OH)_5] \cdot 5H_2O$
inyoit	$Ca[B_3O_5(OH)_5] \cdot 4H_2O$
Ginorit	$Ca_2[B_2O_5(OH)_4][B_2O_5(OH)_4] \cdot 2H_2O$
Esttensioginorit	$(Sr,Ca)_2fB_2O_5(OH)_4] \cdot [B_2O_5(OH)_4] \cdot 2 \cdot 2H_2O$
Pırober-tit	$PaCa[B_2O_5(OH)_4] \cdot 3H_2O$
Sea ries üt	$KaB f Si_3O_5 J \cdot H_2O$

sıkça gözlenen ve çiçeksi foimlan içeren diatome toprağı içinde bulunur (Muessig, 1966). Kistler ve Smith (1983), üleksit'in Ascoton'da salar (tuzla) yüzeyinin hemen altında başlıca düzensiz kütleler ve 1 metre kalınlığa kadar değişen katmanlar şeklinde bulunduğunu belirtin Diğer borat üretilen Şili salarları Chilcaya. ve Federnales salarlarını kapsar (Şekil 2).

Birçok Şili saladan çok yüksek jips. kapsarlar. Sülfatların büyük bir kesiminin volkanik kükürtün oksitlenmesiyle oluştuğunu birçok araştırmacı belirtir. Bazı Şili havzaları ise aktif kaynaklara sahiptir. Salar ve Zenotria, Salar de Aguilar gibi kenarları boyunca, sıcak, su kaynaklan, ve gayzerler kapsar. Salar de Maricunga'nın yüzeyini traverten ve tüf konileri sınırlar.

Ascotan ve Carcote salarlarından, bugünkü salar yüzeyinden, birkaç metre yukarıda da bulunan eski kıyı çizgileri bir zamanlar sıg-göl ortamının varlığını belirtir. Bu salar, Güney Amerikan salarları içinde farklı bir konuma sahip olup, salarlarda bulunan boratların laküstrin suyun belli bir doygunluğa eriştikten sonra çökeldiğini gösteren veriler bulunmamaktadır (Muessig; 1966).

Antofagasta ve Tarapaca eyaletlerindeki diğer önemli üleksit içeren salarlar Alacama, Quiio, Punira Negra ve Pedemales salarlarını kapsar (Şekil 2). Güncel araştırmalar daha çok bu salarlar üzerinde yoğunlaşmış olup, borlar genelde yan

Çizelge 2.. Sijes yataklarında bulunan bor mineraleri

Mineral İsmi	Kimyasal Formül
Hidroborasit	$HgCa[B^*O_4(OH)_3] \cdot 3H_2O$
Koltenanit	$Ca[[O_4(OH)_3]] \cdot H_2O$
Aleksit	$MaCa[6O_5(OH)_5] \cdot 5H_2O$
İnyoit	$Ca[B^*Cu_3(OH)_{11}] \cdot 4H_2O$
Keyeri offerit	$Ca[B_2O_5(OH)_5] \cdot 1H_2O$
Mohleit	$Ca[B_2O_5(OH)_5] \cdot 3H_2O$
İcvrit	$Ca[B_2O_5(OH)_5] \cdot 3H_2O$
De r t i 1 M a C a [B e O 7 (O H) 4] 3 H 2 O	

ürün olarak, alınmaktadır. 3000 km²lik bir yayılımı sahip Salar de Atacama lityum ve potasyum, tuzlarının yanı sıra 11 milyon ton borik aside eşdeğer üleksit içermektedir. Corporation de Fomento de la Produccion, SMine Processes Inc., ve Foote Mineral Co. Şirketleri karışık tuz komitesi kurarak bu yatağı ortak işletmek için yatırım yapmışlardır. Sociedad Chilena de Litic (S.C.L.) ortak adıyla dünya lityum ihtiyacının % 25'ini (yılda 1000 ton lityum); ve yan ürün-olarak ta. yılda 28.000 ton borik asid ve ayrıca bir miktar potasyum üretimi yapılmaktadır. 1981 yılında Salar de Pedemaloste yapılan çalışmalar da lityum ve potasyumun yanı sıra çok az boraksın varlığı ortaya koyulmuş, fakat bu salar üzerindeki çalışmalar her nedense devam ettirilmemiştir. Daha birçok, salarlarda bor minerali bulunmasına karşın ekonomik önemi bulunmamaktadır. Yeni bir İngiliz Şirketi, yörede araştırmalarına devam etmektedir.

Arjantin

Güney Amerika'da en fazla bor üreten ülke Arjantin olup, dünya sıralamasında da üçüncü sıraya erişmektedir (Helvacı, 1989). Yıllık bor üretimi yaklaşık 150.000 tona erişmiştir. Arjantin'in 40 dan fazla büyüklü küçük bor yatakları var olup, - hepsi Andların yüksek kesiminde ve Şili, Peru. ve Bolivya sınırlarına yakın kesimlerinde yer alırlar. Bu bölge eski Neojen yatakları, Kuvaterner ve güncel playa veya salarları (tuzlar) yatakları ve sıcak su kaynakları çevrelerinde oluşan, güncel bor yatakları kapsar (Şekil 2), Bor mineraleri ile birlikte genel olarak en çok halt (kaya. tuzu) ve jips bulunmaktadır. Bu yörede Salta, Jujuy ve Catamarca eyaletlerinde, eski bor yataklarının oluşum şekline benzer şekilde güncel sıcak su kaynakları bor mineraleri oluşturmaya devam etmekte olup, henüz hiç birinin bor konsantrasyonu ekonomik önemde değildir.

Çizelge 3. Ioma Bianca yatağında bulunan bor ve diğer mineraller

Sıra No	Mineral Adı	Kimyasal Formül
II	Boraks	$\text{Jia}^{\wedge}\text{B}^{\wedge}\text{O}^{\wedge} \cdot \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
H	Tinca, a1K'onit	$\text{H a}^{\wedge}\text{O j} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
II	Üleksit	$\text{NaCaUgOg} \cdot \text{BHyü}$
H	İnyoit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{13} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$
II	Koleroaitit	$\text{C a}^{\wedge}\text{O} \cdot \cdot 5\text{K}_2\text{O}$
I	Terujit	$\text{Ca}_2\text{HgA s g B}_{12}\text{O}_{20}(\text{OH})_{12} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
II	Realgar	As S
III	Orpiment	As_2S_3
IIH	Jips	$\text{CaSo}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
III	Sülfür	S
II	Kalsit	CaCO_3
İli	Aragonit	CaCO_3
I	Montmorillonit	$(\text{Hg, Al})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
II	Klorit	$(\text{K, H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
II	Klorit	$(\text{SiAl})_2(\text{Hg, Fe})_2\text{O}_{10} < \text{OH} >$

Neojen Yaşlı İlor Yatakları

Tincalayu Yatağı

Tincalayu madeni, salt Arjantin, değil aynı zamanda Güney-Amerika'nın da en büyük borat yatağı olup 4118 metre yükseklikte bulunur. Bu yatak Salta eyaleti sınırları içinde olup Salar de **Hombie Muerto**'nun hemen kuzeyinde yenilir, Tincalayu madeni, **RTZ Borax Şirketi**nin bir branşı olan Boroquimica SAMJCAF tarafından açık ocak yöntemiyle ve oldukça, modem, ekipman ile işletilmektedir. Bu yataktaki borat gövdesi Pliyosen yaşlı kumlası, kilaşı, tüf, kireçtaşı ve çakıltası gibi **tortulların altında**, boyutları 500 m. uzunluğunda (D-B yönünde), 350 m genişliğinde (K-G yönünde) ve 50 m. kalınlığındaki bir mercek şeklinde gözlenir.. Boraks yatağı,, 100 m kalınlıktaki **Na d tuz** (halit) zonunun üstünde yer alır. Boraks zonunun üstünde ise çok az oranda kernit, kurnakovit, üleksit ve inyoit içeren 50 metre kalınlığındaki **kırıntılı** tortullar bulunur. Bu tortulları da yaşı **0.75 my** olan bazaltlar üstler. Mercek şeklinde boraks gövdesi kuzey-güney eksenli antiklinalde tektonik olarak, denetlenmiştir. Yan taraflardaki iki fayla yükselerek bugünkü, konumunu, almıştır. Bu yatakta ekonomik, olarak, bulunan, boraks ve az orandaki kernifin yanısıra mevcut diğer ender mineraller rivadavit, ezkurit, ameghinit, makallisterit vs. Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu yataktan üretim kapasitesi yılda 150.000 ton olmasına karşın, 1980li yıllarda ortalama 130,000 ton üretim, yapılmıştır. 1982 yılında yapılan çalış-

Çizelge 4. Sıcak su kaymakları ve gayzerlerde tespit edilen bor Mineralleri

Yatak İsmi	Mineraloji	Yatak Tipi	Aktivite
Coyahuaima	Ux - 8x	G - M	R - E
Caniye] as	Ux - 8x	M	E
Volcancito	Üx	G - M	R - E
San Marcos	Ux	G	R - E
Daniel	Ux	H	E
Aristusa	Ux	G	R
Ojo de Agus	Ux	G	E
Toro	Ux	M	E
Libertad	Ux	H	E
La ri	Ux - Bx	H	E
Los Bay	o s Ux	M	E
Tropapete	Bx	G	R
Adriana	Ux	G	E
Antuco	Ux	M	A
Socacastro	Ux - Pn	G - H	E
Bianca Lila	Ux	G - Mi	R - t
Oire	Ux	H	E

AÇIKLAMALAR

Bugünkü aktivite: A: Aktif. R: Kalıntı. E: Dyrnuş

Tip: G: Gayzer (koni şeklinde çıkışlar). M: Sıcak su kaynağı (plate şeklinde oluşumlar)

Mineraloji: Ux; Üleksit, Bx: Boraks veya tinca'l... Pn: PinnO'it

malarla da, bu yataкта. 2 milyon görünür» 3,5 milyon muhtemel ve 5 milyon mümkün toplam olarakta 10,5 milyon ton boraks rezervi tespit edilmiştir., Bu yataкта üretilen boraks (ortalama % 16 - % 18 B2O3 lenörlü) iki kısma ayrılarak cevherlerin bir kesimi hemen yatağın yanındaki bir kesimi ise yataktan, 400 km uzaklıktaki ve Salta, yakınlarındaki Canipo Quijano'daki konsantrasyon fabrikalarında işlenmektedir. Tincalayu'da önceleri çalışmakta olan küçük çaplı bir borik asit fabrikası olmasına karşın bugün artık bu. fabrikada, üretim' yapılmamaktadır. Tincalayu'da ürünler % 28 ve % 32 tenörlük .konsantrasyonla yapılıyor, fakat enerji ile su sorunlarından dolayı borik, asit fabrikası çalıştınlamıyor., Tüm ürünler 100 km uzaklıktaki Salar de Pocitos tren istasyonu oradan da tren ile Salta yanındaki Campo Quijano'ta taşınmaktadır.

Sijes Yatakları

Bu bölgedeki işletilmekte olan yatakların tümü Boroquimica SAMJCAF ait olup,» bu yöreden, başlıca •-hidroborasit, üleksit, inyoit ve koicmanit üretilmektedir. Bu bölgede,, tüm borat yatakları **kil-taşı**, çamurtaşı ve tüfler ile ardalınlı olarak bulunurlar. Hidroborasit başlıca Monte Azul, Monte Amorillo ve Monte Verda ocaklarından, koicmanit

ise başlıca Esperanza ocağından, üretilmektedir. Yatakların genel yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olup, yatakların içinde bulunduğu Sijes formasyonu yaklaşık kuzey-güney yönünde uzanır ve doğuya doğru eğimlidirler. Bu bölgedeki yataklarda, yer yer arsenik yüzdesi 5000 ppm'e kadar erişir.

Sijes bölgesinde en önemli yatak Monte Amarillo olup, bu yatak aynı zamanda dünyanın en büyük, hidroborasit yatağıdır. Yatakta baskın olan hidroborasit, az oranda inyoit, kolemanit ve üleksit mineralleri bulunur ve yatağın toplam, rezervi 19 milyon tona ulaşır. Bu yataktaki hidroborasitin rezervi, ise 15 milyon tondur. Bu yatakta en kalın **damarın** kalınlığı 2 m olmak üzere 22 ayrı hidroborasit damarı, var olup» yatağın, uzunluğu 4 km dolayındadır.

Santa Rosa yatağı Sijes'in tam kuzeyinde bulunur ve yatakta hidroborasit kolemanit, inyoit ve üleksit mineralleri, bulunur. Ayrıca yatakta realgar, orpiment, jips ve anhidritte bulunmaktadır., Yatakta herbiri yaklaşık 6 metreye erişen en az üç bor zonu vardır ve borat zonları Salar Santa Maria batı kenarı boyunca, en. az yedi kilometre uzanır. Bu yatakta toplam 5 milyon ton. görünür rezerv saptanmıştır,

Esperanza yatağında genel, olarak kolemanit egemen mineral, olup yaklaşık rezervi 1-2 milyon • tona ulaşır, Munte Azul yatağında baskın olarak tttflede ardalanan. ilksel hidroborasit içerir. Bu yatakta işletme yapılmamaktadır. Monte Vende yatağı, ise genel olarak kolemanit ve inyoit minerallerini içerir., Tüm Sijes bölgesinde saptanan bor mineralleri Çizelge 2'de verilmiştir.. Yılda. 5 bin ton hidroborasit» 2 bin. ton kolemanit ve değişen oranlarda üleksit üretilmektedir. Ürünler 40 km uzaklıktaki Salar de Positos tren. istasyonundan **Campo Quijano'daki** borik asit fabrikasına taşınır.

Loma Bianca Yatağı

Bu yatak» Saltamdan 440 km uzaklıkta ve Jujuy eyaletinin Boliviya sınırındaki Coranzuli volkanının yakınında yer alır. Yatak şu anda Industrias Quimicas BARABERO'ya ait olup, 1987 başında işletmeye açılmıştır., Daha eski tarihlerde çok küçük çapta bu yataktan inyoit üretimi yapılmıştır... **4000** metre yükseklikteki ve Neojen yaşlı (6.99 milyon yıl) bu yatakta önceleri yalnızca- inyoit üleksit ve terujit minerallerinin saptanmasına karşın» son yıllarda yapılan çalışmalarla yatağın bütün bir kesiti ortaya çıkarılmıştır. Böylece yatağın alt kesimleri ile birlikte boraks ve kolemani-

tin de varlığı ortaya konmuştur. Yapılan gözlemler, bu yatağın borat çökeümi ve mineral bileşimi yönünden Kırka yatağının küçük bir modeli olduğunu göstermektedir (Alonso ve diğer., 1987)..

Yataktaki en önemli bor mineralleri boraks, inyoit ve üleksit olup,, gözlenen tüm mineraller Çizelge 3'te verilmiştir., Yataktaki toplam rezerv maksimum 1 milyon tondur. Paleozoik, bir temel "üzerine oturan bu küçük havzada bor mineralleri volkanoklastiklerle birlikte bulunurlar. Alt kesimde kolemanit ve inyoit, daha sonra sırasıyla üleksit, boraks, üleksit ve inyoit zonları özellikle yeşil renkli kilaşlan. içinde gelişmişlerdir., Bor mineralleri genellikle killer içinde 10 cm. büyüklüğe kadar varan, düzgün kristaller şeklinde ve maksimum. 1 metreye erişen, zonları şeklinde gözlenirler. Bu yatağın uzun süne ekonomik olarak işletilmesi **cevher/matriks oranının düşük oluşundan dolayı olanaklı değildir...** Yatağın değişik düzeylerinden alınan temsili, örneklerin kimyasal analizleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Salar Yatakları

Bu tür yataklar salar: playa: tuzla, diye adlandırılan çok genç (Kuvaterner'den günümüze) yatakları olup, bu yataklardan bazılarının oluşumu halen devam etmektedir... Bu tür çok. sayıda yatak olmasına karşın birçoğu önemsiz oranda, bor içerir. Bu tür salar yataklarından lityum, potasyum., sodyum tuzları ile jips üretimlerinin yamsıra boraks ve üleksit üretilir. Salarlarda eser oranlarda inyoit, kolemanit ve hidroborasit mineralleri de saptanmıştır.

Çizelge 5. İou a Bianca «'atağının farklı 2 anlarından. *linan temsili oluk ce vine TO rnek teri ni m ki r a y a s a l a n a l i z l e r i

İ	1	2	3	4	5	6
B ₂ O ₃	14.24	12.2B	10.75	16.5S	'23-1'J	1 U. 49
CaO	6.06	4.80	6.82	6.. 8	7	h.fii u.z
K ₂ O	"3. 4	2	3.29	3.. 72	2.4	2 2.3b >.c7
Cl	1.0	2	0.28	0.2	2	0.29 0.36 ü.tl
F e	0.05	0.10	0.15	Ö..04	0.0^	Ü.. 1 ;,
Çözünmeyen kesim	66.07	60.04	66.38	53.66	34 ..74	66. jö
1. üleksit zonu				4. İnyoit zonu		
2. üleksit zonu				5. İnyoit. zonu		
3. üleksit zonu				6. Boraks zonu		

Arjantin'deki salarlarda, boratlar, genellikle sodyum ve kalsiyum sülfat, sodyum ve magnezyum klorit, demir oksit, kum ve kil ile birlikte kalın katmanlı, düzensiz seviyeler şeklinde gözlenirler. Üleksitler ya düzensiz katmanlar ya da nodüller şeklinde bulunurken boraks hemen hemen tüm yataklarda çok düzenli kristaller şeklinde bulunur, Arjantin'deki salarların jips içerikleri Şili'deki salarlara göre daha azdır. Bor mineralleri çoğunlukla salarların yüzeyinde veya yüzeyine yakın olarak bulduklarından işletilmeleri oldukça kolaydır. Büyük salar yatakları,, Şili ve Bolivya siniianna yakın, olan Altipla.no boyunca ve 3650 ile 4000 m. arasında değişen yüksekliklerde bulunurlar.

Salar de Cauchan, 53 km uzunluğunda, 3 ile 8 km arasında değişen genişlikte ve 10 cm'den 2 metre kalınlığına kadar değişen borat zonları içerir. Salarlarda Boroquimica SAMICAF ve diğer küçük şirketler üleksit ve boraks üretirler.. Üleksit, yersel olarak "papas" diye adlandırılan 10 cm çapına kadar erişen patates şeklindeki yumrular şeklinde gözlenir. Inundada madeninde (Salarların orta kesimleri) çamurtaşları içinde 10 cm'den büyük çok düzenli boraks kristalleri gelişmiştir. Salann kenar kesimlerinde ise taravertenler gözlenir., Tüm boratları içeren sedimentler Paleozoyik yaşlı bir temel üzerinde gelişmiştir. Bu salar Olacapato tren istasyonundan 72 km uzaklıktadır.. Bu. yataktaki güneşte kurutulan üleksit cevherinin tenoru ortalama % 35 B₂O₃ olup, yataktan ilk. çıkarıldığında % 60 civarında su kapsarlar.

Salar de Rincon, baskın olarak üleksit ve az oranda boraks içeren 50 cm kalınlığında, bir bor zonu içerir. Pocitos tren istasyonundan 30 km uzaklıktaki bu salardan, genellikle üleksit üretilmiştir. Günümüzde bu salardan tuz üretilmektedir. Sodyum klorür, kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat ve sodyum, sülfat mineralleri bu salarda yaygın olarak bulunurlar.

Salar de Turi-Lari'de karbonat, lityum, ve arsenik içeren yeşil bentonitik çamurların içinde boraks kristalleri bulunur. Bir veya iki kilometre çapında ve küçük kuru bir göl görünümünde olan bu salarda üleksit işletilmiştir. Cauchan salarının kuzey ucunun 60 km kuzeyinde bulunur (Şekil 2). Salann kuzeydoğu ucu hariç her tarafı tuellerle çevrilmiştir. Güneydoğu, kesiminde borat üretimi yapılmaktadır. 5 cm'e erişen boraks kristalleri gri-yeşil kiler içinde bir metrelik bir zonda bulunurlar. Cevher düzeyinin altında seyrek olarak boraks kristallerinin bulunduğu yarım metrelik bir kil ve ondan sonra da su tablası bulunur. Coyaguaima

volkanik merkez, bu salardan yaklaşık 10 km kuzeyde bulunur ve oldukça genç volkanik akıntılar salann iki kilometre yakınına kadar uzanır. Taze olivin bazalt boraks sahasının kenarına kadar gelmiştir.

Salar de Pasfos Grandes ve Salar de Diamillos'da genel olarak üleksit ve çok az oranda boraks gözlenir. Bazı küçük şirketler yalnızca üleksit üretirler. Boioquimica SAMICAF Salar de Diablillos da bazı sahalara sahiptir. Yüzeyden itibaren 2 milyon ton üleksit saptanmıştır.

Salar de Centenario'nun temelinde Copalayo kuşağını oluşturan metamorfikler ve onları kesen intrasif pegmatitler bulunur. Kuzeyden ise borca zengin Sijes formasyonundan oluşan Tersiyer kayaları ile sınıflanır. Doğu kesimde kuzey-güney yönünde uzanan fay boyunca büyük kesimi kurmuş olan sıcak su kaynakları gözlenmektedir. Holoosen'den güncele kadar bir zaman aralığında, oluşum mevcuttur. Espinoza Şirketi, Maggie ocağında her ay 500 ton üleksit üretmektedir. Üretim doğrudan doğruya Brezilya'ya gitmektedir, Salarlarda ayrıca sülfat mineralleri ve çok az boraks bulunur.

Salar de Ratonos bol üleksit minerali içerir. Bu salann hemen güney ucunda Cerro Ratonos volkanı doğu tarafında ise metamorfik ve intisifleri bulunur, Batı kesimde ise alüvyon yelpazeleri oluşmuştur, Salarların güney ucunda kayatuzu (NaCl) ile üleksit oluşurken kuzey ucunda güncel, trona oluşuklarına rastlanır. Bu inceleme sırasında bu salarda ilk defa tronanın varlığı tespit edilmiştir.

Salar de Hombre Muerto, Positos tren istasyonunda 140 km uzaklıkta (güneye doğru) ve Tincalayu boraks yatağının hemen güney bitişğinde yer alır. Cerro Ratonos volkanı (5 500 m) bu salan kuzeydeki Salar de Ratonesten ayırır. 4000 metre yükseklikteki bu salar,, batıdan Del Gallego sırtı, güneyden Incahuasi kuşağı ve doğudan ise sırtlarla. Calchaquies vadisinden ayrılır. Hombre Muerto veya Limon tepesi ile Farallon Çatal Hombre Muerto yaylasını Oriental ve Occidental olmak üzere ikiye böler. Bu yörede Odovisiyen yaşlı Sijes formasyonunun benzeri volkano-sedimenter kayalar oturur. Bu formasyon içinde Tincalayu. madeni yer alır. Ondan, sonra Cefto Ratonos ve Hombre Muerto volkanları faaliyete geçerek andezitik bileşimli volkanik malzemeye Ratonos ve Hombre Muerto havzalarını ayırmıştır. Incahuasi formasyonuna ait bazalt akıntıları ise geniş alanları kaplamıştır. Daha, sonra bu salar çevresinde alüvyon yelpazeleri

.. oluşurken içinde ise evaporiter oluşmaya başlamıştır.

Bu salarda **kayatuзу** (NaCl), jips ve lityum tuzlanının yarıdır Oleksit ve boraks oluşmaktadır. Bu salardan bazı ufak şirketler ile Boraquimiea SA-MICAF üleksit ve boraks üretmektedir.

Yukarıda sözü edilen salarlara ek olarak daha birçok salardan çeşitli ufak şirketler boraks ve üleksit üretmeye **çalışmaktadırlar**. Fakat, bu salarlarda ne önemli derecede bor oluşumu, ne de önemli oranda bor üretimi vardır., **Ayrıca** bu konuda kesin veriler de bulunmamaktadır.

Sıcak Su Kaynağı Yatakları (Spring Apron Deposits)

Rio **Álumbrio** yatağı, dünyadaki en güzel ve tipik sic* su kaynağı türünden bir yataktır. **Herbiri** birkaç yüzden birkaç bin ton üleksit kapsayan ve birkaç kilometre karelik alan kapsayan onbir adet örtü yatağı şeklinedirler. Düzensiz üleksit **katmanları** ve yer yer onları örten tüller yer almaktadır. Jips ve diğer sülfatlar bulunmamaktadır. Bu bölgedeki en büyük yatak halen daha aktif ve 18°C **sıcaklığındaki** bir kaynakla beslenir. Bütün örtü **yatakları** temel kayalar üzerinde ve kaynak çevresinde örtü şeklinde gelişmişlerdir, Bazaltlar, **Coyaguaima** volkanik karmaşığının yöredeki en genç **kayalarındır**. Bütün bu kaynaklar, sulan içinde

Çizelge 6. Sıcak su kaynaklarında tespit edilen inyoit ve üleksit mineral lerinin kimyasal analizleri

%	I ny o i t I ny o i t I I n y o i t K l ü l e k s i t			
JtgsO	0.27	0.06	0.01	u.01=
Al ₂ O ₃	1.42	1.11	U.2b	J.<.:
SiO ₂	1.08	0.34	1.06	
CaO	30.60	22.72	19.50.	i . . . *
Li ₂ O ₃	22.27	32.06	36.69	- - *
KgO	0.17	0.17	ü.t'b	
W320	0.36	0.27	U.âü	. . -
SO ₂	0.24	0.27	0.4	
Fe ₂ O ₃	0.00	0.39	ü.00	
TiO ₂	0.15	0.15	0.28	. . o
Nn ⁺ O.	0.00	0.02	0.00	j. i .
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.0ü	u. .
Cl ⁻	0.0009-	0.00 H	0.0011	>J. . . "
Toplan H ₂ O	25.12	36.29	40.15	is. - , *
CO ₂	18.08	5.30	1.36	ü J
Kız... Kaybı {1000°C) (CO ₂ +H ₂ O)	43.20	41.59	40.51	3j. 'a

üleksitin oluştuğu Laguna de Guayatayoc'ta son bulurlar. Bu yörede % 35 B₂O₃ tenörlü (güneş kurutulma sonunda) toplam 40 000 ton üleksit. mevcuttur.

Volvanicito, Rio Alubrio yataklarının 6 km batısında küçük, ve tablamsı şekilde bir üleksit yatağıdır. Üleksit ve tüf konisinin her iki tarafında kaynaklar halen aktiftir. Üleksitin kaynağı kaynak sulandır., Üç adet sıcak su kaynağına bağlı olarak gelişen bu üleksit yatağı 200 m uzunluğunda, 40 m. genişliğinde ve 2 m. kalınlığındadır. Üleksit saf, ipeğimsi ve pamuksu bir görünüme sahiptir., Volcanicito'nun drenaj suları da Laguna de **Guayatayoc'a** erişir, Sıcak su kaynağının akıntısı boyunca eflorenses olarak (yüzey kabuğu şeklinde) üleksit oluşmaktadır., Çizelge 4 bu tür yataklarda, tespit edilen mineralleri vermektedir. Çizelge 6 ise bu tür yataklarda tespit edilen inyoit ve üleksit minerallerin kimyasal analizlerini vermektedir.

Coyaguaima, 4600 metre yükseklikteki Coyaguaima volkanik kütesinin yaklaşık 40 km kuzeyinde yer alır. Demirli bir tüf örtüsüyle kaplanmış üç ayrı yatak bulunmaktadır. Bu yataklarda üleksitin yanısıra boraks da vardır. Bu yataklardaki sıcak su kaynağı faal i yeti dunu ustur. Temel kayalar üzerinde ıslak ve yumuşak üleksit, az oranda halit ile birlikte düzensiz tüf mercckleriyle ard.alanma gösterirler., Yatağın doğu kesiminde ve üst düzeylerinde boraks saçılmış (dissémine) kristaller şeklinde bulunur.. Buradaki yatakların toplam bor rezervi 9000 tondur. Kaynakların aşağı kesimlerinde üleksit yüzeyde kabuk şeklinde gelişmektedir.,

Antuco'da, Salar de Cauchari'den 15 km kadar güneyde volkanik, ortama bağlı olarak: küçük bir üleksit yatağı gözlenir. Bu yatak 4-5 hektarlık bir alanda 50 cm'lik bir kalınlık, gösterir. Yatağın büyük kesimi üretilmiş olup, zaman zaman çok az oranda üretim yapılmaktadır. Çünkü, bu su kaynağı halen daha aktif olup borat çökeltmeye devam etmektedir. Kaynak sulan kuzeye doğru akarak Salar de Cauchari'ye erişir. Antueo kaynağı dasitik ve bazal tik akıntılarının yaygın olduğu, bir alandan kaynamaktadır... Kaynak, bor-ıçeriğim volkanik kaynaktan getirmektedir., Yöredeki tüm volkanik malzeme Quevar volkanından türemiştir.,

Arjantin bor kaynakları, yönünden Türkiye ve Amerika Birleşik Devletlerinden sonra üçüncü sırayı almaktadır (Helvacı, 1987) (Şekil 9). **1983'te** 140 000 tona erişen bor üretiminin yanısıra yılda, 4000 veya 5000 ton borik asit üretilmiştir.. Küçük şirketlerin üretimleri hakkında kesin bilgi olmasına karşın yukarıdaki rakamlar ortalama olarak verilebilir..

Bolivya

Güneybatı Bolivya'da borat içeren birçok salar bulunmaktadır. Bunlardan, en önemli olanları Laguni ve Uyuni saladandır. Bu salarlar Şili ve Arjantin'deki salarlara çok benzerlik gösterirler (Şekil 2 ve 4).

Bolivya'da çok az olan üretim ancak iç tüketimi karşılayacak niteliktedir. Madenciler birliği tarafından, üretilen bor. Corporation Minera de Bolivia (OOMIBOL) tarafından işletilen bizmut ve Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF) tarafından işletilen kalay ve antimon, izabelerinde kullanılmaktadır.,

Üretimin az olmasına karşın güneybatı Bolivya'nın Altiplano kesimindeki salarlar borca oldukça zengindir., 7 milyon ton. olarak bilinen, rezervlerinin. yanısıra toplam rezervin 65 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu yatakların en. önemlisi lityum ve potasyum tuzlarının yanısıra üleksit ve boraks kapsayan. Salar de Uyuni'dir (Şekil 4).

1984'ten sonra Bolivya, hükümeti ülkenin, güneyindeki salarlardan, lityum üretecek projeleri destekleyeceğini açıklayınca, en az oniki şirket sa-

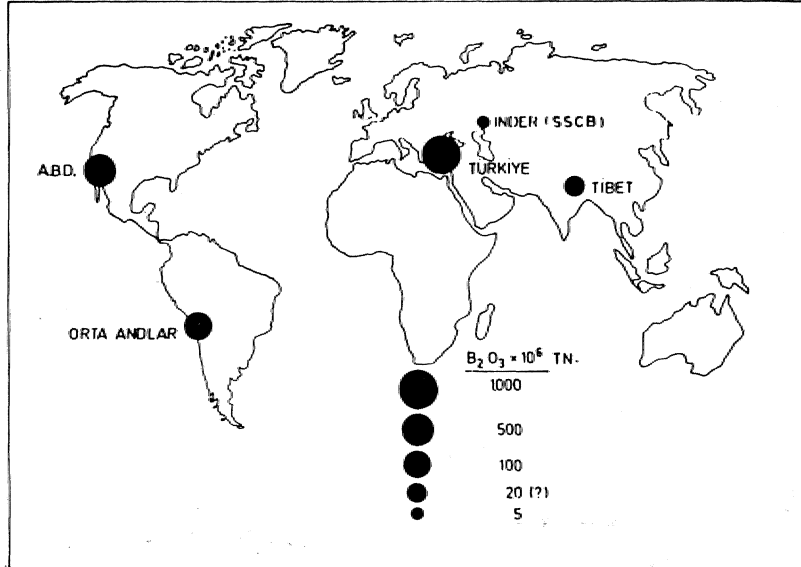
larlarda lityum tuzları ile birlikte potasyum ve bor araştırmasına başlamıştır. Hiç şüphesiz Salar de Uyuni en önemlisi olup, orta Altiplano'da 9000 km² İlk bir alanı kapsar ve 5 metrelik bir tuz kabuğuna sahiptir.. Bu salarda 64 000 milyon ton halitin (NaCl) yanısıra 3.2 milyon, ton bor, lityum ve potasyum tuzlan olabileceği hesaplanmıştır.

Peru

Peru'nun güney kesiminde salar ve sıcak su kaynağı yatakları gözlenir. Bunların en önemlileri ise Laguna Salinas ve Chillioipa'dır..

Laguana Salinas, Arequipa'nin 80 km doğusunda olup, egemen olarak üleksit minerali içerir. 4328 metre yüksekli/teki bu. salar, mev.sim.sel olarak, sularla kaplanır (Şekil 10).

Salardaki tortullar içinde birkaç seviye olarak düzensiz ve mercekli üleksit katmanları, bulunur (Şekil 11). Sülfat ve halitan yanısıra saların doğu kesiminde inyoit bulunur,. Kuru mevsimlerde salar kenarlarından elle veya basit yöntemlerle üleksit üretimi yapılır. Açık. havada kurutulmuş üleksitler, Arequipa'ya taşınır, Salar, 1926'dan 1974'e kadar Borax Consolidated Limited tarafından, 1975'ten



Şekil 9 Dünyanın önemli bor bölgelerini gösteren harita TÜRKİYE: Batı Anadolu. Bor Yatakları; A.B.D.,: Amerika Birleşik-Devletlerinin batısındaki başlıca. Kali, forniya'dakiler olmak üzere yataklar*, ORTA ANDLAR: Arjantin, Şili, Peru. v<s,Bolivya'daki tüm yataklar; İNDER (S.S.C.B.) Verilen, rakam kesin değildir; TİBET: Bu yöreden başka kesimlerde küçük, boyutlu yatakların olduğu tahmin edilmektedir.

1981'e kadar Boratos del Peru S.A. tarafından ve '1981 de ise Bare* de Peni ile Boroquimica tarafından işletilmiştir. Foole Mineral Company salarlarda çalışmaları yapmış, 1982'de ise Anaconda Mineral Company salardaki maden işletme haklarına sahip olmuştur.

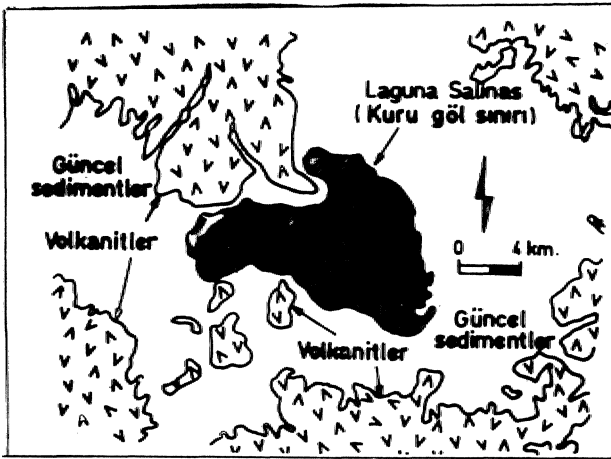
Lağım Salinas'ta tenörü % 10 ile % 23 B_2O_3 arasında değişen 9 milyon ton üleksit mevcuttur. Üretimden sonra elle ayıklama yöntemiyle tenor % 35 B_2O_3 kadar çıkarılmaktadır.*

Arequipa çevresinde Barcx de Peru şirketi tarafından, yapılan diğer çalışmalarla,, sondaj vs. rezervlerin artabileceği ortaya konmuştur. Salarların yanı sıra Chillicoipa üleksit yatağı gibi sıcak su yatakları da saptanmıştır., Bu yatakta, üleksit aktif sıcak su kaynağına bağlı olarak oluşmaktadır.

Son zamanlarda artan, rezervlere bağlı olarak borik asit fabrikası kurulması planlanmışsa da bu proje 1983te durdurulmuştur. Peru, yılda 10 000 ile 27 000 ton arasında üleksit. üretmekte ve bu üretimin büyük bir kısmı yöredeki cam imalinde kullanılmaktadır.

TEKNOLOJİ

Latin Amerika'nın Puna ve Altiplano bölgesinde yer alan ve Arjantin başta olmak üzere Şili, Peni ve Bolivya sınırları içinde gözlenen birkaç farklı tüldeki bor yataklarını, irili ufaklı birçok şirket işletmektedir.. Fakat tüm Puna bölgesinde bor yatağı işleten büyük şirketlerin sayısı son derece sınırlıdır. Örneğin bu sayı dünyanın üçüncü büyük bor ülkesi olan Arjantin'de Boroquimica SAMICAF ve Industas Quimieas BARADERO olmak üzere iki adettir. Buna karşın Arjantin'in Puna bölgesinde işletme kapasitesi veya kapitali olmayan birçok kişi ve kuruluş saha kapatmış durumdadır.

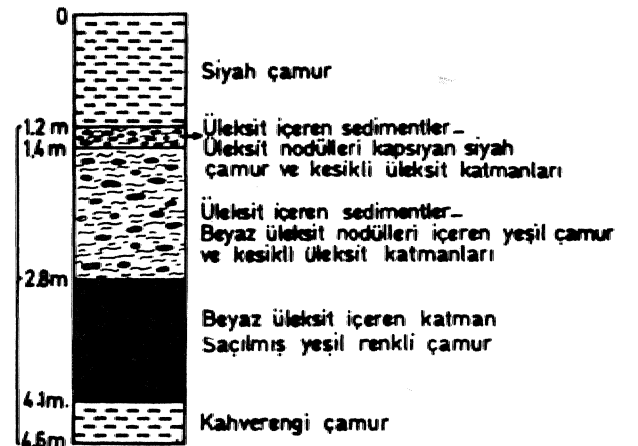


Şekil 10 Laguna Salinas'ın basitleştirilmiş jeolojik haritası

Puna veya Altiplano diye adlandırılan ve bor yataklarının bulunduğu bölgelerde yükseklikler genel olarak 3000 metrenin üzerindedir.. Özellikle 3000 ile 4500 metre arasında tipik çöl iklimi sürdüğünden iklim koşulları madencilik için olumsuz şekilde etkilemektedir. Buna ek olarak su, enerji ve olası olanakları oldukça kısıtlıdır. Bu yüzden birkaç büyük şirketin dışında üretim, çok ilkel koşullarda yapılır.. Ayrıca küçük şirketlerin hiçbirinin, kendilerine ait konsantratör ve buna benzer borla ilgili fabrikaları yoktur. Bu tür küçük şirketler çıkardıktan ham ürünleri ya büyük şirketlere veya doğrudan doğruya yabancı ülkelere pazarlarlar.

Arjantin'de Boroquimica SAMICAF, Güney Amerika'nın 150 000 ton/yıl tincal (boraks) kapasitesine sahip en büyük madeni Tincalayı Tyu işletir. Düşün dereceli cevher madende kırılır öğütülür ve % 28 ile % 32 B_2O_3 tenörlü iki farklı konsantrasyondaki cevher, Tincal ay u'daki borik asit fabrikası enerji ve su sorunundan dolayı çalışmadığından, kamyonlarla Salar de Pocitos tren istasyonuna oradan da tren ile Salta, yakınındaki Campo Quijano borik asit fabrikasına taşınırlar. Campo Quijano bor rafinerisi 20 000 ton/yıllık boraks ve susuz türevleri üretim kapasitesine sahiptir. Bu tesiste saf boraks, boraks» susuz boraks, boraks penta ve boraks deka üretimleri yapılmaktadır. Ham cevher olarak boraks» üleksit, kolemanit ve hidroborasit kullanılmaktadır.

Industrias Quimieas BARADERO'nun Salta yakınlarında iki ayrı bor işleyen küçük kapasiteli fabrikaları var olup, üleksit cevherini işletmektedir. Fabrikaların birinden borik asit, diğerinde ise boraks dehidrat üretilmektedir. Günlük 30 ton borik asit ve 10 ton boraks dehidrat üretimi yapılmaktadır. Kapasite artırma planları cevher



Şekil 11 Laguna Salinas bor yatağının orta kesiminin stratigrafik dikme kesiti.

duru.muna bağlıdır. Çünkü bu şirketin Loma Blanca'dan başka işletmeleri yoklun Gencide şirketlerden aldığı cevherleri işletmektedirler.. Boraks dekahidrat üctimi için gerekli sodyum karbonat (tirona) dışardan ithal edilmektedir.

Şili'de borik asit, nitrat ve iyot üretiminin bir yan ürünü olarak elde edilir. Sociedad Quimica y Minera de Chile en önemli üreticidir. Bor fiyatları uygun olduğu zaman borit asit. yan ürün olarak elde edilir. Sociedad Chilena de Litio Ltda., lityum., potasyum ve borik asit eldesi için bir lityum, karbonat tesisi., kuyuları ve dinlenme havuzlarının inşasını 1983'ün sonlarında tamamlamıştır (Chilean Lithium, 1937)..

PenTda, Compania del Bono y Deny ados S.A. Laguna Salinas'tan. bor üretmektedirler. Üretim kapasitesi 11 ten/yıl olan üleksit cevherlerinin tenörleri % 32 ile % 36 B₂O₃ arasında değişir. 1982 yılında faaliyete geçen Quimica Oquendo S.,A. şirketi tesisinde 1984 yılında 660 ton borik asit üretmiştir., Gelecekte bu tesisten 1300 ton/yıl borik asit üretilmesi planlanmaktadır. Peru'da üretilen borit asi tin bir kısmı içerde cam yapımında., büyük bir kesimi ise başta Brezilya olmak üzere Kolombiya, Ekvator ve Venezüella'ya ihraç edilmektedir.

PAZARLAMA

Latin Amerika'da bor rezervi ve üretimi yönünden en önemli ülke hiç şüphesiz Arjantin'dir. Bu ülkede üretilen tüm to[lam konsantre veya işlenmemiş ürünlerin % Win. ihraç edilir. İhraç edilen cevher veya ürünlerin büyük bir kesimi yine bir Latin Amerika ülkesi olan Brezilya'ya gider.,

Latin Amerika'da bor ve bor bağlantılı endüstrinin cnçok geliştiği ülke Brezilya'dır. Bu ülkenin. özellikle Sao Paulo eyaletinde bor ile ilgili birçok, cevher hazırlama, rafineri, alüminyum-bor ve alüminyum-titanyum-bor ve diğer önemli alaşım üreten, fabrikalar bulunmaktadır. Bundan dolayı» başta Arjantin olmak üzere Peru, Şili ve Boliviya'dan, bu ülkeye bor cevherleri, ve ürünlerinin ihracı yapılmaktadır.

Başta Arjantin'den olmak üzere Peru, ve Şili'den tüm. Latin Amerika ülkelerine (Kolombiya, Ekvator., Venezüella, vs.), Amerika Birleşik Devletlerine» italya, Alman, Avusturalya ve Yeni Zclnda'ya bor cevheri ve ürünleri ihraç edilir.

SONUÇLAR¹

L Tüm Latin Amerika bor yatakları, And dağlarının ulaşımı, ve çalışma koşulları zor olan yüksek kesimlerinde oluşmuşlardır.

2. Yataklanma şekilleri genellikle merceksi veya yanal geçişli yapılar sunarlar.

3. Bor mineralleri, çoğu kez jips, kayatuzu, lityum ve potasyum, tuzlan ile birlikte bulunurlar. Ekonomik, oranda bulunan ve işlenen, önemli bor mineralleri önem sırasına göre boraks, üleksit, hidrobo.rasit, înyoî ve kolemanittir.

4. Cevher mineralleri çoğunlukla safsızlıklar gösterirler. Sijcs yatağında oldukça yüksek sayılabacak As oranları, elde edilmiştir. Öte yandan salarların birçoğundan borlar ancak yan ürün olarak alınmaktadır ve tenörleri oldukça düşüktür.

5. Zenginleştirme ile ilgili kurulu, tesisler Arjantin de Boroquimica SAMICAF ve Industrias Quimicas BARADERO Şirketlerine aittir. Bor ürünleri, elde edilen tesislerin en önemlileri ise Brezilya'nın Sao Paulo ve Arjantin'in Salta şehirleridir., Çok değişik tenörlerde bulunan cevherler zenginleştirme işlemlerine tabi tutularak % 35 veya % 36 tcnörlü tüvenan cevherler elde edilir.

6. Arjantin'de bor cevherlerinden yukarıda adı geçen iki önemli, şirket tarafından Salta yakınındaki fabrikalarda borik asit,saf boraks, boraks dekahidrat ve boraks pentahidrat üretilmektedir. Bu ülkede üretilen cevherlerin % 90'ı ihraç edilmektedir. Bor türevleri sanayiinin en çok geliştiği ülke Brezilya'dır.

7JBu tesislerde bor türevleri üretimi için kullanılan sodyum karbonat Kuzey Amerika'dan ithal edilmektedir.

8. And Dağlarının Puna bölgesindeki bor yatakları ve zenginleştirme ünitelerinin çevresinde arlık ve çevre kirlenmesi sorunu yoktur. Çünkü bu yörede hiçbir yerleşim birimi olmadığı gibi tarım veya oraman alanı da bul yumanı aktadır. Bölge çöllerle kaplıdır.Salla yakınındaki fabrikalar ise şehrin, çok dışında ve küçük kapasiteli, olduklarından dolayı büyük bir çevre sorunu yaratmazlar. Fakat. Brezilya'nın Sao Paulo şehrindeki tesisler sanayi kirliliği yaratmaktadır.

9. Tüm Latin. Amcrik ülkelerinin bor ve bor ürünleri, ihtiyacını başla Arjantin olmak üzere Şili ve Peru karşılamaktadır. Arjantin bor üretiminin % 90'ını B'ışta Brezilya olmak üzere Latin Amerika ülkelerine, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve Yeni Zclnda'ya pazarlamaktadır. Bor ürünleri, torbalanmış olarak satılmaktadır.

10. Genci olarak, Latin Amerika'da bor cevheri ve bor ürünleri üretimi ile bor pazarını bir İngiliz-Amerikan şirketi olan Boroquimica SAMICAF elinde tutmaktadır.

KATKI BELİRTME

Nisan-Temmuz 1987 tarihlerinde Latin Amerika borat yataklarını ziyaret olanağı sağlayan Eti-bank Genel Müdürlüğündeki sayın yetkililere, yatakları ziyaretim sırasında başından beri yardımcı olan meslektaşım Dr. Ricardo Alonso'ya, Salta Üniversitesi» Arjantin yetkililerine ve Industrias Quimicas BARADERO S.A. elemanlarına ayrı ayrı içten teşekkürlerimi sunarım. Çizim işlerini gerçekleştiren M., GÜRLE'ye teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Alonso, R.N., 1986» *Öccurcncía, posición estratigráfica y genesis de los Jepositos de boratos de la Puna Argentina:*
- Alonso, R.N., Helvacı, C, Sureda, R.J. and Viramonde, J.G., 1988» *A new Tertiary borax deposit in Andes: Mineral Deposita» 23» 299-305.*
- Alonso, R.N. and Viramonte, J.G., 1985» *Provincia boratífera Centroandina: IV Congreso Geológico Chileno, Universidad de Norte, Antofagasta, Şili.*
- Bain, H.F. and Read, T.T., 1934, *Ores and industry in South America: New York, Council on Foreign Relations, pp. 263-264,294,*
- Barazangi, M., and Isacks, B., 1976, *Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America: Geology, v. 4, pp. 686-692,,*
- Berzina, LG., et al, 1975, *Boron geochemistry in the volcanogenic-sedimentary process: 12 v. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol. No. 5.*
- Buttgenbach, H., 1901, *Gisements de borate des Salinas Grandes de la République Argentina: Anales Société Géologique Belgique» V, 28, pp. 99-116.*
- Chamberlin, R.T., 1912, *The physical setting of the Chilean borate deposits: Jour., Geol., v. 20, pp. 763-768.*
- Chilean Lithium, 1987, *Salar de Alacama: World Mining Equipment.*
- Chong Diaz, G., 1984, *Die Saläre in Nordchile-Geologie, Struktur und Geochemie: Geotect. Forsch., 67,I-III, 1-146, Stuttgart.*
- Dickson, T., and Harben, P., 1983, *Borates and their becalmed markets: Industrial Minerals, No. 184, pp. 23-27.*
- Eriksen, G.E., 1963, *Geology of the salt deposits and the salt industry of Northern Chile: U.S. Geological Survey, Open File Report, No. 698, 164 p.*
- Forsyth, D.W., 1975, *Faulty plane solutions and tectonics of the South Atlantic and Scotia Sea: Journal of Geophysical Research; v. 80, pp. 1429-1443.*
- Francis, P.W. and Rundle, C.C., 1976, *Rates of production of the main magma types in the central Andes: Geological Society of American Bulletin, v, 87, pp. 474-480.*
- Gill, J., 1981, *Orogenic andésites and plate tectonics: New York, Springer-Verlag, pp. 25-314,,*
- Helvacı, C, 1989, *Türkiye bor madenciliğinin işletme, stoklama ve pazarlama sorunlarına mineralojik bir yaklaşım : Jco, Müh., Sayı 34-35, p. 5-17.*
- Helvacı, C, and Alonso, R.N., 1992, *Primary inyoite in a recent playa of northern Argentina: Mineralogy and Petrology (baskıda),*
- James, D.E., 1971, *Plate tectonic model for the evolution of the Central Andes: Geological Society of America. Bulletin, v. 82, pp. 3325-3346,,*
- Kistler, R.B. and Smith, W.C., 1983, *Boron and borates: in Le fond, SX, ed., Industrial Minerals and rocks, 5th ed., v. 1, New York, AIME, pp. 548-550.,*
- Lyday, P.A., 1984, *Boron in 1983; Mineral Industry Surveys, U.S. Dept. of the Interior, Jan., 4 p.*
- Muessig, S., 1966,, *Recent South American borate deposits: in Rau, J.L., ed., Transactions, Second. Symposium, on salt: Cleveland, Ohio, Northern Ohio Geological Society, v. 1, pp. 151-159.*
- Ozol, A.A.» 1976, *Basic features of boron, geochemistry and formation conditions for its deposits of the volcanogenic-sedimentary type: translated from Litologiya Polczne Iskopaemye, No. 3, May-June, pp. 60-74, New York, Plenum, pp. 320-330.*
- Ozol» A.A., 1977, *Plate tectonics and the process of volcanogenic-sedimentary formation of boron: translated from. Tectonika pliti protessey volkanogennoosadachnogo obrazovaniya bora, AN USSR Invcestiya, Ser. Geol., No. 8, pp. 68-75, International Geology, Rev., v. 20, No. 6, pp. 692-696, •*
- Turner, J.C.M.L, 1964,, *Descripción Geológica de La Hoy a 7C-Nevado de Cachi: Dir. Nac. Geol., v. 99, 81 p.*
- Zeil, W., 1979, *The Andes, a geological review: Berlin, Gebrüder Borntraeger, pp. 56-195.,*