

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 25 (1932)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Über einige Mineral- und Thermalquellen von Costa Rica  
**Autor:** Schaufelberger, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-159146>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Über einige Mineral- und Thermalquellen von Costa Rica.

Von P. SCHAUFELBERGER.

## A. Einleitung.

Da die Oberfläche von Costa Rica zu einem grossen Teil durch die Kegel seiner Vulkane gebildet ist, die sich in ihrer Mehrheit in der letzten Phase vulkanischer Tätigkeit befinden oder schon erloschen sind, so ist das Vorhandensein von Mineral- und Thermalquellen zum Vornherein zu erwarten. So finden wir einmal in den Vulkanen des Zentralmassives (Turrialba, Irazú, Barba und Poás) verschiedene meist eisen- und schwefelhaltige Mineralquellen, die in ihrer Mehrheit wenig bekannt und nicht untersucht sind. Eine zweite Gruppe finden wir in der vulkanischen Nordkette oder Cordillere von Guanacaste, von denen einige in der Literatur erwähnt werden. Dann aber entspringen mehrere solcher Quellen in der jungen Cordillere von Talamanca, von denen einige schon viele Jahrzehnte bekannt sind, wie z. B. diejenige von Aguacaliente bei Cartago, die auch schon zu Heilzwecken in grösserm Umfange benützt worden sind.

FRANTZIUS dürfte wohl der erste gewesen sein, der sich wissenschaftlich mit diesen Quellen befasst hat. Von diesem Autor existieren zwei Publikationen über dieses Thema:

1. Die warmen Mineralquellen von Costa Rica. Preussische Medizinalzeitung NR 14—16, 1862. Nach einer bibliographischen Notiz von Biolley (2) enthält diese Arbeit eine Analyse des Wassers von Aguacaliente, ausgeführt von SCHAFFGOTSCH im Jahre 1858, sowie Beschreibungen von weiteren 28 Thermalen.
2. Die warmen Mineralquellen von Costa Rica. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. V. Heft, Seite 496—510, Stuttgart 1873 (1).

Beide Arbeiten habe ich bis jetzt nicht einsehen können und sie sind mir nur aus Arbeiten Biolley's bekannt.

Etwas später befasste sich der Franzose LUCIANO PLATT mit einigen Mineralquellen der Precordillere, von denen er diejenigen von Sant Anna, Aguacaliente und Orosi untersuchte. Seine Ergebnisse

finden wir in der „Gaceta Oficial“ (Amtsblatt von Costa Rica), vom 23. September 1865, Jahrgang VI, NR 335, unter dem Titel „Examen analitico de cuatro fuentes de agua mineral de Costa Rica (8).

Seine Angaben sind in Gran pro Onze Wasser angegeben (nicht in Gramm pro Onze, wie leider in einigen neuern Abdrücken dieser Arbeit geschrieben ist). Leider wissen wir heute nicht, welche genauen Gewichte diese waren, da diese Werte in den einzelnen Ländern schwanken, nach den Lexikons von Brockhaus und Salvat hätten die verwendeten Gewichte folgende Werte in Grammen:

	Brockhaus	Salvat
1 Gran . . . . .	0,0648 Gramm	ca. 0,05 Gramm
1 Onze . . . . .	28,75 „	23,7 „

Dazu bemerkt aber Brockhaus: „Apothekergewicht, leichter als das Handelsgewicht: Vom deutschen Apothekergewicht hatte ein Pfund 12 Unzen, die Unze 8 Drachmen, die Drachme 3 Skrupel, der Skrupel 20 Gran. 1 Pfund im allgemeinen =  $\frac{3}{4}$  des Handelspfundes.“ Aus diesem Grunde können wir mit den von PLATT gefundenen Werten heute sehr wenig anfangen; denn rechnen wir sie nach Brockhaus oder Salvat um, so bekommen wir folgende Werte, denen ich die von mir gefundenen Trockenrückstände beifüge:

	Platt:			Schaufelberger: Gramm/Liter
	Gran/Onze	Gramm/Liter		
		Salvat	Brockhaus	
Santa Anna . . . . .	2,3	4,85	5,29	1,222
Aguacaliente . . . . .	2,0	4,22	4,6	2,728
Orosi . . . . .	1,3	3,53	2,76	2,342
„ Pozo Tibio . . . . .	2,7	5,7	6,1	0,858

Auffallend sind hier die viel höhern Werte, die PLATT gefunden hat, umso mehr, als eine etwa 20 Jahre später von Chaudler ausgeführte Analyse der Quelle von Aguacaliente 193,0627 Gran pro Gallone oder englische Härtegrade ergab, die einem Trockenrückstand von ca. 2,76 Gramm pro Liter entspricht, also einen Mineralgehalt gefunden hatte, wie ihn dieselbe Quelle heute, d. h. nach mehr als 40 Jahren noch aufweist. Die PLATT'schen Resultate sind also jedenfalls mit einem mir unbekanntem Faktor zu reduzieren; denn es ist wohl kaum anzunehmen, dass der Mineralgehalt sämtlicher Quellen damals so viel höher war, zumal die Temperaturen nur innerhalb der normalen Grenzen schwanken. Wohl war ja zur Zeit der Untersuchungen dieses Autors der Turrialbavulkan in starker Tätigkeit, aber immerhin ist doch wohl kaum anzunehmen, dass durch dieselbe

— wo doch die vulkanischen Gase durch den Zentralschlot entweichen konnten — die immerhin 30—50 km entfernten Mineralquellen eine derartig erhöhte Mineralzufuhr erhielten, ohne dass dabei sich auch die Temperatur entsprechend erhöht hätte.

Vom Chemiker GUSTAV MICHAUD stammt dann eine Analyse einer Mineralquelle vom Barba aus dem Jahre 1910, von der weiter hinten noch die Rede sein wird.

In den Jahren 1930 bis 1932 habe ich dann einige Mineralwässer, denen ich auf meinen geologischen Exkursionen begegnet bin, untersucht. Da mich in erster Linie die noch wenig erforschten tektonischen Gebirge anzogen, so ist es ohne weiteres klar, dass die Mehrzahl der von mir untersuchten Quellen aus jener Region stammt, die Vulkane also zu kurz kommen. Da es sich ja auch nicht um eine vollständige Zusammenstellung der costarrizensischen Mineralquellen handelt, so glaube ich, doch eine vorläufige Veröffentlichung meiner bisher gefundenen Resultate verantworten zu können.

Es handelt sich hierbei um Mineral- und Thermalquellen, das heisst um Quellen, die durch ihren Mineralbestand oder ihre Temperatur über dem Durchschnitt stehen. Im allgemeinen werden ja als Mineralquellen nur solche Wasser genannt, deren Trockenrückstand grösser als 0,5 Gramm ist. Wenn ich hier gelegentlich unter diesen Mineralgehalt hinuntergehe, so glaube ich, das damit verantworten zu können, dass die Wasser von Costa Rica im allgemeinen sehr weich sind, das heisst in der Regel 5—6 französische Härtegrade (FHG) betragen, 7 Grade sind schon Ausnahmen. Als Typus des Mineralgehaltes der normalen Wässer des Landes sei hier die Zusammensetzung desjenigen der Wasserversorgung von San José angegeben, das aus Quell- und Flusswasser gemischt ist. Am 28. Mai 1930 zeigte es nachstehenden Mineralgehalt:

Gesamthärte . . . . .	6	FHG
Permanenthärte . . . . .	4,5	„
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat	3	„
Gekochtes „ „ „	3	„
Chloride . . . . .	0	„
Sulfate . . . . .	0	„
Trockenrückstand . . . . .	0,106	g/l.

### B. Chemische Untersuchung des Wassers nach der Methode von Boutron et Boudet.

Die von mir vorgenommene Untersuchung beschränkte sich auf die Bestimmung folgender Grössen:

1. Trockenrückstand,
2. Gesamthärte,
3. Permanenthärte,

4. Chloride,
5. Sulfate,
6. Magnesium.

Zur Bestimmung der wichtigsten chemischen Bestandteile nach der Methode von BOUTRON et BOUDET wurde eine Seifenlösung hergestellt: 50 g fein verschnittener und gut lufttrockener Sunlight-Seife wurden in 800 cm<sup>3</sup> Feinsprit von 90—96% durch Erwärmen bis zum Siedepunkt aufgelöst. Nach dem Abkühlen wurde filtriert und 500 g destilliertes Wasser (Härte 0) zugegeben.

Zur Titerstellung dieser Seifenlösung wurde eine Normallösung von Bariumchlorid verwendet; 0,55 Gramm kristallisiertes Bariumchlorid, Ba Cl<sup>2</sup> + 2 H<sup>2</sup>O werden in einem Liter destilliertem, härtefreien Wasser aufgelöst. Von dieser Lösung wurden 40 cm<sup>3</sup> in die Schüttelflasche gegeben und sollten nun 22 + 1 französische Härtegrade ergeben. In der Regel wird die so hergestellte Seifenlösung weniger Härtegrade angeben, muss daher verdünnt und auf den richtigen Titer gebracht werden, was nach folgender Berechnung geschieht. N sei der gefundene Härtegrad der Bariumchloridlösung;  $x = 1000 +$  die zuzusetzende Menge Alkohol. Dann berechnet sich  $x$  nach folgender Proportion:

$$(n + 1) : 22 + 1 = 1000 : x, \text{ oder}$$

$$x = \frac{23 \times 1000}{n + 1}$$

Sind z. B. 16 Härtegrade gefunden worden, so ist

$$x = \frac{23 \times 1000}{17} = 1\ 353,$$

d. h. man muss 353 cm<sup>3</sup> verdünnten Alkohol (1 l Wasser und 2 l Feinsprit) zusetzen. Nunmehr wird man bei einem neuen Versuch mit 40 cm<sup>3</sup> Bariumchloridlösung 22 FHG finden.

Mit dieser Seifenlösung wurden nun folgende Reaktionen ausgeführt:

1. Das zu untersuchende Wasser wurde bis zur Schaumbildung mit der Seifenlösung versetzt, bis der Schaum während 5 Minuten mindestens  $\frac{1}{2}$  cm hoch stehen blieb. Der Verbrauch an Seifenlösung gibt die *Gesamthärte* (CaSO<sup>4</sup> + CaCO<sup>3</sup> + MgCO<sup>3</sup> + CO<sup>2</sup>).

2. Ca. 200 cm<sup>3</sup> des zu untersuchenden Wassers wurde eine halbe Stunde am Rückflusskühler (eine ca.  $\frac{1}{2}$  cm weite und ca. 1,5 m lange Glasröhre genügt durch die Luftkühlung vollkommen) gekocht und nach dem vollständigen Abkühlen filtriert und in obiger Weise die *Permanenthärte* bestimmt (MgCO<sup>3</sup> + CaSO<sup>4</sup>). In der erhaltenen Zahl sind freilich noch 3 Härtegrade CaCO<sup>3</sup> enthalten, die der Löslichkeit des reinen Kalkes in einem Liter Wasser entsprechen.

3. Zu 40 cm<sup>3</sup> ungekochten Wassers wurden 2 cm<sup>3</sup> einer 2-proz. Ammoniumoxalatlösung zugesetzt und eine halbe Stunde stehen gelassen, wodurch die Calciumsalze ausgefällt werden, während diejenigen des Magnesiums in der Lösung bleiben. Nach dem Filtrieren werden die Mengen von Mg und CO<sup>2</sup> bestimmt.

4. Diese Operation wiederholt man mit gekochtem Wasser und die mit der Seifenlösung gefundenen Härtegrade entsprechen dem Mg Gehalt.

5. Die *temporäre Härte* findet man durch Subtraktion von 2 von 1, d. h. indem man die permanente Härte von der Gesamthärte abzieht.

6. Zieht man die gefundenen Werte von 4 von 3 ab, so ergibt sich die Menge der *freien Kohlensäure*.

7. Zur Bestimmung der Chloride wurde eine Silbernitratlösung von 1,39 g in 100 g destilliertem Wasser verwendet; 4 cm<sup>3</sup> dieser Lösung ergeben mit der Seifenstammlösung titriert 40 Härtegrade oder 0,1 cm<sup>3</sup> entspricht einem Härtegrad.

Zur Bestimmung der Chloride werden nun bei gewöhnlichem Quellwasser zu 40 cm<sup>3</sup> gekochtem Wasser so viele  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> Silbernitratlösung zugegeben, als die Permenenthärte beträgt. Nun werden die Chloride ausgefällt und nach dem Filtrieren wird die Härte wiederum mit der Seifenlösung bestimmt. Ist die permanente Härte  $n$  Grade, so wird man in Chlor und chloridfreiem Wasser als neue Härte  $m = 2n$  finden. Sind dagegen Chloride vorhanden, so ist  $m$  naturgemäss kleiner und die Differenz ergibt den Chloridgehalt in Härtegraden:  $2n - m =$  doppelte Permenenthärte weniger dem neuen Härtegrad = *Chloridhärtegrad*.

8. Auf ähnliche Weise erfolgt die Bestimmung der Sulfate. Hierzu verwendet man eine Bariumchloridlösung von 1,10 g BaCl<sup>2</sup> + 2 H<sup>2</sup>O in 100 g destilliertem Wasser; von dieser Lösung werden 4 cm<sup>3</sup> in der Schüttelflasche ebenfalls 40 Härtegrade anzeigen, also auch  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> einem Härtegrade entsprechen. Zu 40 cm<sup>3</sup> gekochtem Wasser gibt man so viele  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> Bariumchloridlösung zu, wie die Permenenthärte beträgt, nach dem Niederschlagen vom Bariumsulfat wird filtriert und der neue Härtegrad bestimmt. Die Ausrechnung der *Sulfathärte* erfolgt in analoger Weise, wie diejenige der Chloridhärte.

Wenn diese Menge von Silbernitrat-, bzw. Bariumchloridlösung bei gewöhnlichem Quellwasser in der Regel ausreicht, so genügt sie bei Mineralwässern mit viel Alkalichlorid oder -sulfat in der Regel nicht. Man muss also entsprechend mehr von dieser Lösung nehmen und man hat dann darauf zu achten, dass die Menge der verwendeten  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> dieser Lösung grösser ist, als die gefundenen Grade der Chlorid-, bzw. der Sulfathärten, mit andern Worten, dass man die Sicherheit hat, dass in der untersuchten Probe noch Ag, bzw. Ba Ionen vorhanden sind und bei der Analyse als Seife ausgefällt werden.

Bei hohem Mineralgehalt empfiehlt es sich an Stelle von 40 cm<sup>3</sup> Wasser, weniger zu nehmen, z. B. 20, 10 oder 5 cm<sup>3</sup> und mit destilliertem Wasser auf 40 cm<sup>3</sup> zu ergänzen. Einmal braucht man weniger Reagentien und die Schaumbildung lässt sich leichter und genauer bestimmen. Selbstverständlich sind dann die gefundenen Werte mit 2, 4 oder 8 zu multiplizieren.

Für gewöhnliche Brunnenwässer genügt diese Methode vollständig, da dort in der Regel nur Gips vorhanden ist, so dass die Sulfathärte ohne Bedenken als Calciumsulfat berechnet werden kann. Bei der Chloridhärte ist dann dort die Möglichkeit vorhanden, dass Kochsalz vorliegt, was z. B. als sicher anzunehmen ist, wenn die Summe der Sulfat- und Chloridhärtegrade grösser ist, als die Permanenthärte. Ebenso werden sich Natrium- und Kaliumsulfat feststellen lassen, wenn die Permanenthärte um den Magnesiumhärtegrad vermindert weniger ergibt als die gefundene Sulfathärte. Diese beiden Fälle sind ja nun bei den Mineralquellen die Regel.

Da nun ja die Salze im allgemeinen als Ionen im Wasser vorhanden sind, ist es ja auch wichtiger und richtiger, die vorhandenen Anionen und Kationen zu bestimmen, als sich über die mutmasslichen Salze den Kopf zu zerbrechen. Als Anionen kommen hauptsächlich Ca und Mg, dann die Alkalimetalle Na und K in Frage und nur in wenigen Fällen sind auch Al und Fe anwesend.

Als Kationen haben wir in erster Linie CO<sup>3</sup>, SO<sup>4</sup> und Cl; die andern Säuren, wie Phosphorsäuren, Salpeter- und salpetrige Säure, Borsäure und Arsensäuren sind meist in so geringeren Mengen vorhanden, dass wir sie vernachlässigen dürfen.

Wenn nun auch die Methode von BOUTRON et BOUDET ein einfaches und rasches Verfahren darstellt, um die Hauptzusammensetzung der Quellen wiederzugeben, so verhehlen wir uns keinesfalls, dass diese Untersuchung nicht genügt, um über die allfällige Verwendung der Quellen zu medizinischen Zwecken zu entscheiden; denn dabei spielen oft nicht die Salze, die die Hauptmenge der Mineralien ausmachen, die entscheidende Rolle, sondern andere Elemente, die in geringer Menge vorhanden sind, sind dabei sehr oft von ausschlaggebender Bedeutung. Dazu ist dann eine vollständige chemische Analyse erforderlich. Doch ist es ja auch nicht der Zweck dieser Arbeit, die hiesigen Mineralquellen auf ihre therapeutische Verwendung zu untersuchen, sondern sie will ja ihre Verbreitung und Zusammensetzung vom geologischen Standpunkt aus beschreiben, und dazu genügt die beschriebene Methode vollkommen.

Alle diese gefundenen Werte sind in französischen Härtegraden ausgedrückt. Zur Umrechnung in andere Härtegrade dient nachfolgende Zusammenstellung.

1 Französischer Härtegrad	=	0,01 g Calciumcarbonat	in 1 l Wasser
1 Deutscher	„	= 0,01 g Calciumoxyd	in 1 l Wasser
1 „	„	= 0,0178 g Calciumcarbonat	in 1 l Wasser

1 Englischer	Härtegrad = 1 Gran Calciumcarbonat in 1 Gall. Wasser
1 „	„ = 0,0143 g Calciumcarbonat in 1 l Wasser
1 Französischer	„ = 0,56 deutsche Härtegrade
	= 0,7 englische Härtegrade
1 Deutscher	„ = 1,78 franz. Härtegrade
	= 1,25 englische Härtegrade
1 Englischer	„ = 1,43 franz. Härtegrade
	= 0,80 deutsche Härtegrade

Zur Beurteilung der aus der Untersuchung resultierenden Werte können wir nachfolgende Tabelle verwenden; sie gibt uns die einem französischen Härtegrade entsprechende Salzmenge an:

1 Franz. Härtegrad = 0,1	g Seife mit 50% Wasser
= 0,01	g Calciumcarbonat
= 0,088	g Magnesiumcarbonat
= 0,0167	g Calciumbicarbonat
= 0,0179	g Eisenbicarbonat
= 0,00985	g Kohlendioxyd = 5 cm <sup>3</sup> bei 0 Grad und 76 cm Hg-Druck
= 0,0114	g Calciumchlorid
= 0,009	g Magnesiumchlorid
= 0,0120	g Natriumchlorid
= 0,0153	g Kaliumchlorid
= 0,0130	g Eisenchlorid
= 0,0072	g Chlor
= 0,014	g Anhydrit
= 0,0177	g Gips
= 0,0125	g Magnesiumsulfat
= 0,0146	g Natriumsulfat
= 0,0179	g Kaliumsulfat
= 0,0155	g Eisensulfat
= 0,082	g Schwefelsäure
= 0,0057	g Calciumoxyd
= 0,0042	g Magnesiumoxyd

Setzt man für die gefundenen Werte die Zahlen obiger Tabelle ein, so gibt ihre Summe den Gesamtgehalt an mineralischer Substanz<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Wie die Auswertung geschehen kann, mag am Beispiel der Mineralquelle im Pejivalletal (Seite 13) praktisch durchgeführt werden:

Resultate: Gesamthärte (I) . . . . .	41 FHG
Härte des ungekochten Wassers nach der Behandlung mit Ammoniumoxalat (II) . . . . .	5 „
Permanentärte (III) . . . . .	40 „
Härte des gekochten Wassers nach Zugabe von Ammoniumoxalat (IV) . . . . .	3 „
Sulfathärte (V) . . . . .	71 „
Chloridhärte (VI) . . . . .	117 „
Trockenrückstand . . . . .	2,67 g pro Liter.

9. Denselben findet man auch durch Eindampfen von 100 g Wasser in einer Silberschale auf dem Wasserbade bis zur Gewichtskonstanz nach halbstündigem Abkühlen im Exsikator über wasserfreiem Calciumchlorid oder Schwefelsäure; es ist der sogenannte *Trockenrückstand*.

### C. Beschreibung der einzelnen Quellen.

#### 1. Salzquelle von Pejivalle.

Diese Mineral- und Thermalquelle war bis anhin nur einigen Jägern und Indianern bekannt, die sie Salitral, also Salzquelle, nannten. Zur Unterscheidung von Quellen mit gleichem Namen soll sie unter dem Namen Salitral de Pejivalle oder Salzquelle von Pejivalle beschrieben werden. Sie befindet sich ca. 5 Stunden oberhalb der letzten Siedelung, Taus, im Tale des Rio Pejivalle, der sich bei Pavas in den Reventazón ergießt. Dieser Fluss entspringt in der Talamancakette und ist der östliche Nachbar vom Rio Grande de Orosi.

Er entspringt, aus den mitgeführten Geröllen zu schliessen, im Urgestein und dürfte wohl wenig oberhalb der Salzquelle, die im unberührten Urwald liegt, in die tertiären Sedimente eintreten, in denen er dann bis ins Reventazónal verbleibt, es sind dies (von oben nach unten geordnet):

3. Sandsteine,
2. Pejivallemergel,
1. Nummulithenkalke.

Diese Sedimentserie bildet schwache Faltungen, die südlichste Synklinale liegt bei der Finca Taus, die nächste durchquert die Ort-

Daraus berechnet sich

a) Temporäre Härte I—III + 3 = 41—40 + 3 = 4 FHG, oder als Calciumcarbonat berechnet = $4 \times 0,01$ g . . . . .	=	0,04	g
b) III—IV — 3 = 40—3—3 = 34 FHG. Das sind die Calciumsalze ohne die Carbonate. Als Gips $34 \times 0,0177$ g . . . . .	=	0,6018	g
c) Magnesiumsalze: IV = 3, als Sulfate $3 \times 0,0125$ . . . . .	=	0,0375	g
d) Sulfate ohne Mg = 71—36—3 = 32, als Natriumsulfat $32 \times 0,0146$ =		0,472	g
e) Chloride: VI = 117, als Kochsalz $117 \times 0,0120$ . . . . .	=	1,404	g
f) Kohlensäure: II—IV = 5—3 = 2; $2 \times 0,00985$ . . . . .	=	0,0197	g
	Total	2,5750	g

Die Differenz von 0,095 g rührt daher, dass die Chloride und Sulfate, die als solche des Natriums berechnet wurden, auch Kaliumsalze enthalten werden, die etwas schwerer sind. Ebenso können natürlich auch dreiwertige Metalle in geringer Menge vorhanden sein, oder organische Substanz. Genauern Aufschluss kann nur eine exakte chemische Analyse geben. Aber immerhin zeigen die beiden Schlussresultate doch eine solche Übereinstimmung, die uns erlaubt, diese Quelle zu charakterisieren und ihre Hauptkomponenten zu erkennen.

schaft Pejivalle selber. Die nächste Antiklinale ist durch den Reventazón abgetragen, der oberhalb Pavas derselben folgt. Die Fortsetzung dieses Faltengebirges finden wir dann im Tale des Reventazón selber, wo es schon von Sapper beschrieben worden ist (10).

Die in Frage stehende Quelle entspringt in einer Höhe von 945 m über Meer in den Nummulithenkalken, die mit 2—30° nach NE einfallen und ziemlich genau NW—SE streichen. Die Temperatur dürfte zwischen 40—50° liegen. (Da mir kurz vorher das Thermometer zerbrochen ist, konnte ich leider keine genaue Messung vornehmen und musste mich mit einer Schätzung begnügen.)

Die Quelle tritt wenige Meter vom Flusse aus dem rechten Ufer und die Steine der nächsten Umgebung sind mit Mineralausblühungen bedeckt; diese feinen Kriställchen bilden eine feine, weisse Kruste von ca. 1 bis 1½ cm Höhe und bestehen zum grössten Teil aus Natriumchlorid, wie der salzige Geschmack und auch die Hygroskopizität verrät; denn als mit Beginn der Regenzeit die Luft in San José immer mit Feuchtigkeit geschwängert war, waren die Ausblühungen innert kurzer Zeit bis auf einen verschwindend kleinen Rest vollständig verschwunden.

Die Zusammensetzung des Wassers war am 26. Februar 1931:

Gesamthärte . . . . .	41 FHG
Permanenthärte . . . . .	40 „
Frisches Wasser mit Ammoniumoxalat .	5 „
Gekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat	3 „
Chloridhärte . . . . .	117 „
Sulfathärte . . . . .	71 „
Trockenrückstand . . . . .	2,67 g/l
Temperatur . . . . .	ca. 40—50° Celsius
Gesamthärte des Rio Pejivalles oberhalb der Quelle 5 FHG	

## 2. Mineralquellen von Orosi.

Orosi liegt im Tale des Rio Grande von Orosi, der von Süden aus der Talamanca Cordillere kommt und sich bald nach dieser Ortschaft, südlich von Paraiso, mit dem Rio Navarro vereinigt und nun Rio Reventazón heisst. Das Tal des Rio Grande ist bei Orosi mit Flusschottern gefüllt, aus dem die Quellen austreten. Die eine Quelle kommt etwas oberhalb der Kirche aus einem Weideabhang heraus und wird Pozo Tibio genannt. Die andere, die als Quelle von Orosi bekannt ist, entspringt wenige hundert Meter oberhalb dieser Ortschaft am Fahrweg der talaufwärts führt. Beide Quellen sind schon von LUCIANO PLATT (8) beschrieben worden. Er gibt folgende Analysenergebnisse:

## 1. Pozo Tibio:

Calciumsulfat . . . . .	0,9	Gran	pro	Onze
Magnesiumsulfat . . . . .	0,1	„	„	„
Natriumnitrat . . . . .	0,2	„	„	„
Natrium- und Kaliumchlorid . . . . .	1,1	„	„	„
Calciumchlorid . . . . .	0,3	„	„	„
Magnesiumchlorid . . . . .	0,1	„	„	„
Total . . . . .	<hr/>			
	2,7	Gran	pro	Onze
Temperatur . . . . .	<hr/>			
	17	Grad	Celsius	

## 2. Quelle von Orosi:

Calciumsulfat . . . . .	0,3	Gran	pro	Onze
Kaliumsulfat . . . . .	0,2	„	„	„
Natrium- und Kaliumchlorid . . . . .	0,4	„	„	„
Calciumchlorid . . . . .	0,3	„	„	„
Total . . . . .	<hr/>			
	1,2	Gran	pro	Onze
Temperatur . . . . .	<hr/>			
	44	Grad	Celsius	

Ich habe diese Quellen ebenfalls untersucht und folgende Resultate gefunden:

## 1. Pozo Tibio (12. VII. 1931):

Gesamthärte . . . . .	22	FHG
Permanenthärte . . . . .	14	„
Frisches Wasser mit Ammoniumoxalat . . . . .	14	„
Gekochtes „ „ „ . . . . .	12,5	„
Chloridhärte . . . . .	42	„
Sulfathärte . . . . .	17	„
Trockenrückstand . . . . .	0,858	g/l

## 2. Quelle von Orosi (5. VII. 30):

Gesamthärte <sup>1)</sup> . . . . .	23,5	FHG
Permanenthärte . . . . .	15	„
Frisches Wasser mit Ammoniumoxalat . . . . .	1,5	„
Gekochtes „ „ „ . . . . .	1,5	„
Chloridhärte . . . . .	16	„
Sulfathärte . . . . .	18	„
Schwefelwasserstoff . . . . .	Geruch	
Trockenrückstand . . . . .	2,342	g/l
Temperatur . . . . .	49	Grad Celsius

<sup>1)</sup> Die am Tage vorher vorgenommene Gesamthärtebestimmung in Orosi selber hatte eine Gesamthärte von 29 französischen Härtegraden ergeben.

Bei meinem Besuch vom 22. November 1931 hatte die inzwischen gefasste Quelle eine Gesamthärte von 31,5 FHG und eine Temperatur von 50 Grad Celsius gezeigt.

### 3. Quelle von Aguacaliente.

Das ist wohl die bekannteste Mineralquelle des Landes; sie liegt südlich der alten Hauptstadt des Landes, dem durch seine wiederholten Zerstörungen durch Erdbeben bekannten Cartago.

Die Quellen entspringen z. T. direkt im Flussbett des Rios Aguacaliente, z. T. auf dessen rechten, südlichen Ufer. Sie treten aus den Patarrakalken hervor, die hier nach Süden einfallen und den südlichen Schenkel einer durch die Flüsse des Tales von Tobosi abgetragenen Antiklinale bilden. Ihr Nordschenkel bildet die Carpintera bei Tres Rios. In diesen Kalken trifft man Nester von Ocker und darüber lagern eisenhaltige Sandsteine.

Schon Frantzius liess diese Quelle untersuchen, leider waren mir bis jetzt seine Arbeiten noch nicht zugänglich. Dann folgen die Analysen von L. PLATT, der folgende Zusammensetzung angibt:

Calciumcarbonat . . . . .	0,4	Gran	pro	Onze
Magnesiumcarbonat . . . . .	0,1	„	„	„
Eisencarbonat. . . . .	0,2	„	„	„
Natrium- und Kaliumchlorid . . . . .	0,7	„	„	„
Magnesiumchlorid . . . . .	0,2	„	„	„
Calciumsulfat . . . . .	0,3	„	„	„
Magnesiumsulfat . . . . .	0,1	„	„	„
Total . . . . .	<u>2,00 Gran pro Onze</u>			
Temperatur . . . . .	50 Grad Celsius			

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wollte man dieses Wasser zu Heilzwecken benutzen und errichtete in Aguacaliente ein Badhotel, das einzige des Landes. Man verband auch die Stadt Cartago und das Bad mit einer Pferdebahn, doch scheint das Bad die Hoffnung nicht erfüllt zu haben; denn die Schienen der Pferdebahn wurden wieder herausgerissen und das Hotel ist heute zerfallen und unbrauchbar<sup>1)</sup>. Aus jener Zeit dürfte auch die von BIOLLEY (1) publizierte Analyse von Dr. C. F. CHAUDLER in New York stammen:

<sup>1)</sup> Nacheiner kürzlich erschienenen Zeitungsnotiz soll sich eine neue Gesellschaft zur Ausnützung dieser Quelle gebildet haben; sie will ein neues, modernes Badehaus errichten und durch Parkanlagen usw. ein Bad- und Kurhotel schaffen, das allen Ansprüchen der Gäste und Reisenden genügen soll.

Natriumchlorid . . . . .	61,2922	Gran pro Gallone
Lithiumbicarbonat . . . . .	Spuren	
Magnesiumbicarbonat . . . . .	13,0165	„ „ „
Natriumbicarbonat . . . . .	15,1568	„ „ „
Calciumbicarbonat . . . . .	56,0627	„ „ „
Bariumbicarbonat . . . . .	0,2624	„ „ „
Strontiumbicarbonat . . . . .	Spuren	
Eisenbicarbonat . . . . .	1,3588	„ „ „
Kupferbicarbonat . . . . .	Spuren	
Manganbicarbonat . . . . .	Spuren	
Kaliumsulfat . . . . .	2,5775	„ „ „
Natriumsulfat . . . . .	37,7258	„ „ „
Natriumphosphat . . . . .	0,1108	„ „ „
Natriumborat . . . . .	1,7669	„ „ „
Natriumarsenat . . . . .	Spuren	
Natriumaluminat . . . . .	0,1166	„ „ „
Natriumsilikat . . . . .	3,6157	„ „ „
<b>Total . . . . .</b>	<b>193,0627</b>	<b>Gran pro Gallone</b>

Die Analyse wurde im September 1887 ausgeführt; eine Temperaturangabe aus jener Zeit konnte ich nicht finden.

Das Wasser der gefassten Hauptquelle, das seiner Zeit als Badewasser diente, habe ich am 17. Juni 1930 und am 4. Mai 1931 untersucht. Die Wasserprobe für die letzte Untersuchung hatte mir in liebenswürdiger Weise mein Landsmann, Herr Prof. Dr. Charles Borel, von einer seiner Exkursionen mitgebracht. Bei der ersten Untersuchung hatte ich auch das Wasser des Aguacalienteflusses, oberhalb der Quellen, analysiert. Die Resultate sind folgende:

	Quelle 17. VI. 30	4. V. 31	Fluss 17. VI. 30
Gesamthärte . . . . .	58	59	6 FHG
Permanenthärte . . . . .	18	40	5
Frisches Wasser mit Ammoniumoxalat .	32	53	2
Gekochtes „ „ „ . . . . .	17	36	1,5
Chloridhärte . . . . .	24	88	1
Sulfathärte . . . . .	50	63	0
Trockenrückstand . . . . .	2,655	2,728	0,0077 g/l
Temperatur . . . . .	46,5 Grad		20 Grad
Lufttemperatur . . . . .	25 „		25 „
Mechanische Verunreinigung pro Liter .			0,8724 g/l

#### 4. Quelle von San Antonio de Desamparados.

Ostwärts von Desamparados liegt, zwischen Carpintera und Tablazo, das Tal von San Antonio. Nördlich liegen einige durch nach Norden einfallende Kalkschichten gebildete Hügel, die Verlängerung der Carpintera bilden, südlich die in der Hauptsache aus miocänen Mergeln und Sandsteinen aufgebaute Kette des Tablazo. Das Tal selber, durch Erosion entstanden, ist ziemlich flach und breit und sein Boden besteht aus alluvialen Flussablagerungen. Gelegentliche Lehm- oder Lössenlagerungen mögen die sumpfigen Stellen verursachen.

Die Quelle liegt, südlich des Fahrweges Desamparados–San Antonio, in der Finka von Herrn Pollini; in 1195 m Meereshöhe tritt das Wasser aus einer jener sumpfigen Stellen. Die Quelle selber, die sich schon von weitem durch den charakteristischen Geruch von Schwefelwasserstoff bemerkbar macht, ist gefasst und aus dem sandigen Boden treten an zwei Stellen, ziemlich unregelmässig, Gasblasen auf. Ähnlich wie in Orosi leben auch hier zahlreiche Algen.

Die Wasserprobe vom 9. August 1930 wies folgende Zusammensetzung auf:

Gesamthärte . . . . .	68	FHG
Permanenthärte . . . . .	50	„
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat	26	„
Gekochtes „ „ „	20	„
Chloridhärte . . . . .	53	„
Sulfathärte . . . . .	12,5	„
Schwefelwasserstoff . . . . .	Geruch	
Trockenrückstand . . . . .	3,694 g/l	
Wassertemperatur . . . . .	42,5	Grad Celsius
Lufttemperatur . . . . .	22,0	„ „

#### 5. Salzquelle von Santa Anna.

Vom Escasu zieht sich ein Erosionstal nach Santa Anna herunter. Der Talboden ist auch hier von alluvialen Anschwemmungen gebildet, die Hänge bestehen in der Hauptsache aus vulkanischen Sedimenten, in denen sich auch Andesite befinden. In der Tiefe, und dann auch im obern Teil des Tales lagern tertiäre Sedimente (Lohmann 6). Dieses Tal führt den für die Quelle charakteristischen Namen Salitral; den gleichen Namen hat auch die Ortschaft, oberhalb welcher die Quellen austreten. Diese Stelle liegt wenig oberhalb des Wasserreservoirs für Santa Anna, auf der rechten Talseite. Die Quellen treten direkt im Wege aus dem Gehängeschutt des hier sich verengenden Tales aus und ihr Wasser vereinigt sich nach einem Lauf von wenigen Metern mit dem Fluss des Salitraltales. Von den drei

Quellen weist einzig und allein die mittlere eine Art Fassung auf, indem durch einen Felsblock (Andesit) ein Loch gebohrt ist, so dass das Wasser durch dasselbe austritt. Es besitzt die normale Quelltemperatur. Das Wasser tritt klar aus, doch bildet sich im Ablauf ein gelber Niederschlag, wahrscheinlich von Kalk.

PLATT (8) gibt folgende Zusammensetzung an:

Magnesiumsulfat . . . . .	0,3	Gran	pro	Onze
Calciumsulfat . . . . .	0,2	„	„	„
Calciumcarbonat . . . . .	0,6	„	„	„
Magnesiumcarbonat . . . . .	0,2	„	„	„
Eisencarbonat. . . . .	0,1	„	„	„
Natrium- und Kaliumchlorid . . . . .	0,8	„	„	„
Organische Substanz . . . . .	0,1	„	„	„
Total . . . . .	<u>2,3</u>	<u>Grane</u>	<u>pro</u>	<u>Onze</u>

Am 5. Juli 1931 zeigte die mittlere der Quellen vom Salitral folgenden Mineralgehalt:

Gesamthärte . . . . .	53	FHG
Permanenthärte . . . . .	17	„
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat . . . . .	18	„
Gekochtes „ „ „ . . . . .	17	„
Chloridhärte . . . . .	36	„
Sulfathärte . . . . .	0	„
Trockenrückstand . . . . .	1,222	g/l

Das Wasser schmeckt schwach salzig, aber erfrischend. Es dürfte sich wohl gut als Mineralwasser verwenden lassen, zumal man mit Autos bis zur Quelle gelangen kann.

## 6. Die Quellen von San Pablo de Turrubares.

Der Rio Grande von Tarcoles hat sein Tal tief in die Hänge der Hauptcordillere eingeschnitten und teilt diese in die nördliche und südliche Hälfte, in die Guanacastekette oder nördliche Vulkankette und diejenige von Talamanca. Dieses Tal, das in den Andesiten vom Monte del Aguacate eingeschnitten ist, besitzt zu beiden Seiten schöne Erosions-Terrassen, die von Sedimenten oder jungvulkanischen Gesteinen gebildet sind. In diese Schichten hat der Fluss seinen heutigen, cañonartigen Lauf eingefressen und dabei nicht nur die Sedimente durchschnitten, sondern auch noch die altvulkanischen Andesite angesägt, in denen heute sein Wasser fließt.

Bei der Fähre, die eine vom Fluss weggeschwemmte Brücke ersetzt, die die Fahrwege von Orotina nach San Pablo de Turrubares verbindet, treten am linken Ufer einige Mineral- und Thermalquellen

aus. Etwas oberhalb des linksufrigen Brückenpfeilers tritt die Agua Caliente de Alumbre genannte Quelle aus. Sie liegt 235 m über Meer und besitzt eine Gesamthärte von 17,5 FHG. Ihr Wasser schmeckt basisch und wurde früher als Heilmittel gegen Rheumatismus benützt.

In der Quebrade de Los Angeles, 345 m über Meeresspiegel, tritt eine weitere Quelle aus, La Quebrada agreea.

Temperatur . . . . .	27,5 Grad Celsius
Gesamthärte . . . . .	9 FHG

Dieses Wasser schmeckt ebenfalls basisch, wie eine schwache Seifenlösung. Sie fördert wenig Wasser, das in der Nähe der Austrittsstelle einen gelben Niederschlag bildet. Wahrscheinlich Kalk mit etwas Eisen.

Da, wo die Quebrada de Los Angeles in den Rio Grande mündet, 205 m Meereshöhe, tritt im untern stumpfen Winkel, im Engelfluss, heisses Wasser aus. Da bei meinem Besuche der Fluss über die Stelle floss, konnte ich weder die Härte noch die Temperatur bestimmen. Die Temperatur der Sande in der Umgebung des Wasseraustrittes war 51,5 Grad Celsius. Wie mir mein Führer sagte, sei in der Trockenzeit, wo der Rio Los Angeles kein Wasser führt, die Temperatur ausreichend, um Eier damit zu kochen.

Der Name Salitral, den auch diese Quelle führt, lässt auf einen höhern Gehalt an Kochsalz schliessen.

### 7. Quelle von San Antonio de San Ramon.

Das Wasser dieser mir persönlich unbekanntem Quelle wurde mir von Herrn COLES in Atirro bei Turrialba zum Untersuchen gebracht, so dass ich über die Art der Quelle und deren Temperatur keine Angaben machen kann.

Gesamthärte . . . . .	22,5 FHG
Permanenthärte . . . . .	12,5 „
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat . . . . .	10,5 „
Gekochtes „ „ „ . . . . .	8,5 „
Chloridhärte . . . . .	12 „
Sulfathärte . . . . .	0 „
Trockenrückstand . . . . .	0,380 g/l

### 8. Quelle aus dem Machucatale.

Der Rio Machuca entspringt am Südwesthang des durch seine Goldminen bekannten Monte del Aguacate, nördlich von San Mateo, am Weg von dieser Ortschaft nach Berlin und San Ramon. Dieser Gebirgszug besteht, nach den gesammelten Proben von Berlin zu schliessen, aus Andesiten. Herr Dr. CONRAD BURRI, Privatdozent

am Petrographisch-mineralogischen Institut der Universität und ETH in Zürich, der die Liebenswürdigkeit hatte, diese Proben zu bestimmen, schreibt mir folgendes: „Die Proben von Berlin (C R 36, 38 und 39) hingegen lassen den Andesittypus noch gut erkennen, obwohl die dunkeln Gemengteile, mit Ausnahme von CR 39, fast vollständig zersetzt sind. Die Plagioklase sind relativ frisch und z. T. bestimmbar. Es sind Bytownite, An 80, die stark zonar gebaut sind und nach aussen bis auf An 40 abnehmen. Bei CR 39 ist die Zersetzung der dunkeln Gemengteile (Augite) am wenigsten weit fortgeschritten.“

Da diese Augite eine Ausdehnung in beiden Dimensionen von vielen Kilometern besitzen, so dürfte es sich wohl um eine Spaltenfüllung (Intrusion) handeln.

Aus diesem Gestein in einem kleinen nördlichen Seitentale des Rio Machuca, tritt in 790 m Meereshöhe das Wasser aus, wo sich grosse Lager von Quelltuff — einige tausend Kubikmeter — gebildet haben. Sie haben der Gegend den Namen Calera (Kalkbruch) eingetragen.

Westlich der Quelle befindet sich der hornförmige Gipfel des Pichaco de Mondongo, der klar als jüngere Intrusion zu erkennen ist.

Wie mir Herr Professor ALBERT BRENES, Vorstand der Botanischen Abteilung des National Museums in San José, mitteilen konnte, befinden sich im Machucatale, westlich dieser eben beschriebenen Quelle, weitere Thermalquellen, darunter eine solche mit einer Wassertemperatur von 60 Grad Celsius.

Das Wasser der von mir am 29. Juli 1930 besuchten Quelle besitzt folgende Daten:

Gesamthärte . . . . .	65 FHG
Permanenthärte . . . . .	38 „
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat	18 „
Gekochtes „ „ „	16 „
Chloridhärte . . . . .	112 „
Sulfathärte . . . . .	30 „
Trockenrückstand . . . . .	2,654 g/l
Temperatur . . . . .	38,8 Grad Celsius

## 9. Salitral vom General.

Im Tale des Chirripoflusses, der vom gleichnamigen höchsten Berg des Landes (3800 m) nach Süden, dem Generalfluss, der der Gegend den Namen gegeben hat, und dann durch den Rio Grande von Terraba dem pazifischen Ozean zufließt (nicht zu verwechseln mit dem Rio Chirripo auf der atlantischen Seite desselben Berges!) befinden sich in 1420 m Meereshöhe drei Quellen, die nach Angabe

von Jägern der dortigen Gegend salzhaltig sein sollten. Sie werden daher kurz Salitral genannt.

Sie befinden sich im Urwald auf der linken Seite des Rio Chirripo und treten aus stark geklüftetem Urgestein, das die Cordillere von Talamanca bildet, an drei verschiedenen, aber wenige Meter auseinander liegenden Stellen aus.

1. Oberste Quelle:

Temperatur . . . . .	34,5 Grad Celsius
Gesamthärte . . . . .	8 FHG

2. Mittlere Quelle:

Temperatur . . . . .	36 Grad Celsius
Gesamthärte . . . . .	5 FHG

3. Unterste Quelle:

Temperatur . . . . .	17 Grad Celsius
Gesamthärte . . . . .	5 FHG

Lufttemperatur (23. II. 32) 10 Uhr vorm., 19,5 Grad Celsius.

Die Wasser der beiden Thermalquellen schmecken fade, wie gekochtes Wasser, also durchaus nicht salzig. Auch die geringe Gesamthärte, die ja einen Kochsalzgehalt nicht angibt, deutet nicht auf eine Mineralquelle. Immerhin ist die Härte der ersten Quelle genau doppelt so gross wie diejenige des Flusses, so dass es wohl möglich ist, dass gewisse Säugetiere deswegen die Quelle aufsuchen, wie mir mein Führer erzählte.

### 10. Huacalilloquelle.

Diese Quelle ist wohl die bekannteste Mineralquelle des erloschenen Barbavulkans; sie wurde früher zu Badezwecken benützt und ihre Bäder sollen bei Rheumatismus gute Erfolge erzielt haben. Sie liegt im Tale des Rio Ciruelas, dessen Schlucht hier annähernd 100 m tief ist, bei 1765 m Meereshöhe oder 5 m über dem Wasserspiegel des Flusses. Hier hat die Quelle eine 5 m hohe und ca. 5—8 m breite Terrasse von Quelltuff abgeschieden, über die das Wasser zum Flusse läuft. Dasselbe tritt an verschiedenen Stellen aus und seine Menge mag schätzungsweise 20—30 Minutenliter betragen (12. VIII. 31); seine Temperatur war am selben Tage 34 Grad Celsius. Das Wasser schmeckt bitter und übt auf die Schleimhäute eine zusammenziehende Wirkung, ähnlich wie Gerbstoffe, aus.

Über dieser Quelle, bei 1770 m über Meer, steht ein weiteres Tufflager an, wahrscheinlich war hier früher der Austritt einer Quelle. Bei 1780 m tritt eine zweite Quelle aus, deren Temperatur 23,5 Grad Celsius betrug; im Geschmack ist das Wasser gleich, wie das der

unteren, wärmeren Quelle. Diese obere Quelle soll nur zur Regenzeit Wasser führen, es ist also eine Überfallquelle. Die niedrigere Temperatur dürfte daher rühren, dass hier das Mineralwasser stärker mit Sickerwasser gemischt ist. Auch hier hat sich Quelltuff abgeschieden.

In der Trockenzeit soll das Wasser der Hauptquellen sehr stark nach faulenden Eiern riechen, was auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff deuten würde.

Wie der Volksmund erzählt, soll die untere Quelle sich nach dem Erdbeben von Cartago gebildet haben.

Die Analyse dieses Wassers war etwas schwierig, da sehr viel Mineralien darin sich befinden und daher mit sehr verdünnten Lösungen (1:20) gearbeitet werden musste. Nehmen wir als Fehlergrenze ein Viertel Härtegrad an, so ist also bei dieser Analyse die Fehlermöglichkeit  $\frac{1}{4} \cdot 20 = +$  oder  $-5$  Härtegrade:

Gesamthärte . . . . .	540 FHG
Permanenthärte . . . . .	450 „
Ungekochtes Wasser mit Ammoniumoxalat	} kein Niederschlag
Gekochtes „ „ „	
Sulfathärte . . . . .	470 FHG
Chloridhärte . . . . .	230 „
Gekochtes Wasser mit Ammoniak versetzt, gekocht, bis der Ammoniakgeruch nicht mehr wahrzunehmen war und filtriert, also Wasser ohne Eisen und Aluminium	26,5 „
Eisen- und Aluminiumhärte: Permanent- härte minus obige Ammoniakhärte:	
450 - 26,5 = . . . . .	423,5 „
Trockenrückstand . . . . .	7,496 g/l

Frisches Wasser mit gelbem Blutlaugensalz versetzt gibt einen starken Niederschlag von Berlinerblau, so dass also Ferrisalze in der Quelle vorhanden sind.

### 11. Mineralquelle von Esmeralda.

Oberhalb von San José de la Montaña liegt die Hacienda Esmeralda, die vom Rio Porrosati durchflossen wird. In diesem Bett stehen Laven an und in diesen verschwindet der Fluss teilweise vollständig und die Wasser treten als starke Quellen am Ende des Lavaganges aus. Kleinere Quellen treffen wir auch im Flussbett selber.

Eine solche liegt 1760 m über Meeresspiegel, und zwar kommt deren Wasser von der linken Seite aus Lava, die hier die Ursache eines kleinen Wasserfalles ist. Unter der Lava liegt vulkanische

Asche, also undurchlässiges Material. Das Wasser dieser Quelle zeigt 8 französische Härtegrade, während der Fluss oberhalb nur eine Gesamthärte von 7 Graden aufweist.

An derselben Stelle, mitten im Flusse, zwischen zwei grösseren Steinen, weisen die Flusskiese einen sehr schwachen, weisslichen Belag auf, das Wasser selber sieht aus wie eine sehr verdünnte Seifenlösung. Eine am Grunde dieser Stelle entnommene Wasserprobe zeigte im August 1931 eine Gesamthärte von 10 Graden. Diese Quelle wurde zum erstenmal im Juli oder August 1910 beobachtet und ihr Entstehen dürfte wohl die Ursache im Erdbeben von Cartago haben (4. Mai 1910). Ursprünglich sollen vier Quellen bestanden haben, wovon die oben beschriebene, seitlich austretende am meisten Wasser geführt haben soll. Die andern zwei scheinen inzwischen versiegt zu sein. Die Wasserführung dieser Quellen soll in der Trockenzeit stärker sein als in der Regenzeit.

Kurz nach ihrer Beobachtung wurde deren Wasser durch G. MICHAUD untersucht (7), der folgende Salze und Mengen darin feststellte:

Natriumsulfat . . . . .	0,117 g/l
Calciumsulfat . . . . .	0,103 „
Magnesiumsulfat . . . . .	0,033 „
Natriumchlorid . . . . .	0,064 „
Magnesiumchlorid . . . . .	0,015 „
Quarz . . . . .	0,065 „
Verlust . . . . .	0,010 „
Total . . . . .	<u>0,407 g/l</u>
Temperatur . . . . .	19,1 Grad Celsius
Jahresmittel der Lufttemperatur . . .	17,5 „ „

Das Wasser wurde dann in der Folge vom Besitzer und einigen Bekannten als Mineralwasser gebraucht und soll in seiner Wirkung demjenigen von Vichy gleich gewesen sein. Es wurde dann in Italien und den Vereinigten Staaten von Nordamerika nochmals analysiert und als radioaktiv erkannt.

Wenn nun in den 20 Jahren der Mineralgehalt auf 8 Härtegrade, bzw. 10 zurückgegangen ist, so lässt sich das leicht erklären, wenn wir uns erinnern, dass die Quelle nach einem Erdbeben entstand, die unterirdischen Wasser also einen neuen Lauf fanden und wahrscheinlich auch unausgelaugte Mineralien, die nun vom fliessenden Wasser gelöst worden sind. Da nun die Wasser, wie ihre Temperatur zeigt, aus geringer Tiefe kommen, also auch einen kurzen unterirdischen Lauf hinter sich haben, so ist es leicht anzunehmen, dass das Wasser innert 20 Jahren eben den grössten Teil der löslichen Mineralien weggeführt hat und daher immer ärmer an Mineralsubstanz werden

muss. Es handelt sich in diesem Falle um eine temporäre Mineralquelle.

## 12. Quelle von Varablanca.

In Varablanca, am Weg nach Sarapiqui, zwischen El Desengaño und Cariblanco, östlich der Wegabzweigung nach Fraijanes, liegt diese Quelle in einer Höhe von 1960 m über Meer. Der hier dem Rio Sarapiqui zufließende Bach macht hier einen kleinen Bogen nach Osten und an dieser Stelle tritt aus dem rechten Ufer eine Quelle aus; ihr Wasser ist klar und zeigt einen deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Kurz unterhalb des Wasseraustrittes bildet sich im Bach ein gelber Niederschlag, der oberhalb der Quelle fehlt. Er muss sich also infolge der Mischung des Quellwassers mit dem Bache bilden. Es ist Limonit; wahrscheinlich ist das Eisen in der Quelle als Bicarbonat gelöst und durch das Entweichen der Kohlensäure bildet sich dann das Eisencarbonat, das sich dann nachträglich in Limonit umwandelt.

Das Quellwasser schmeckt herb, bitter und soll für trüchtige Kühe schädlich sein, wie mir Herr Vogel in Varablanca mitteilen konnte. Nach demselben Herrn sollen sich in der Umgebung ähnliche Quellen befinden und ihr Schwefelwasserstoffgehalt hat auch dem Fluss von Varablanca den Namen Rio Azufre (Schwefelfluss) eingetragen.

Temperatur (27. XII. 31) . . . . .	63 Grad Fahrenheit
	= 17,2 „ Celsius
Gesamthärte . . . . .	17,5 FHG
Permanenthärte . . . . .	11,5 „
Ungekochtes Wasser mit Ammonoxalat .	12 „
Gekochtes „ „ „ .	7 „
Sulfathärte . . . . .	0 „
Chloridhärte (1) (Sulfidhärte) . . . . .	12,5 „
Trockenrückstand . . . . .	0,187 g/l
Schwefelwasserstoff (2) . . . . .	30° FHG

1) Da der Niederschlag nach Zugabe von Silbernitrat zur Bestimmung der Chloride schwarz war, ohne irgend welche Weissfärbung, ist er also nicht als Chlorid-, sondern als Sulfidhärte zu deuten. Wahrscheinlich als Alkalichlorid, da ja das Wasser zur Bestimmung dieser Härte über eine halbe Stunde gekocht worden war, ist doch anzunehmen, dass der freie Schwefelwasserstoff entwichen sei.

2) Infolge des schwarzen Niederschlages von Silbersulfid habe ich dann den Versuch mit ungekochtem Wasser wiederholt. Zu 20 cm<sup>3</sup> ungekochtem Wasser gab ich 4 cm<sup>3</sup> der Silbernitratlösung zu, filtrierte und titrierte zurück, wozu 27,5 FHG notwendig war. Daraus berechnet sich der Schwefelgehalt wie folgt:

$$17,5 \text{ FHG} + 2 \times 40 \text{ FHG} - 2 \times 27,5 = 42,5 \text{ FHG}$$

Gesamthärte + Silberhärte – gefundene Härte = Schwefelhärte.

Diese Schwefelhärte setzt sich zusammen aus freiem Schwefelwasserstoff und Sulfiden. Da die Sulfidhärte im gekochten Wasser 12,5 FHG (Chloridhärte) ist, wäre der freie Schwefelwasserstoff zu 30 französischen Härtegraden anzunehmen. Da aber während den Ferien das Laboratorium der Escuela de Farmacia geschlossen war, konnte die Analyse erst am 21. März ausgeführt werden. Trotzdem die Flasche vollständig gefüllt und gut verschlossen gewesen war, ist es doch möglich, dass die gefundenen Resultate etwas zu klein sind. Ich verweise auf die Fussnote der Quelle von Orosi, wo zwischen der Feldbestimmung und der am andern Tage vorgenommenen Laboratoriumsanalyse die Gesamthärte eine Differenz von 5,5 FHG aufweist. Hier aber haben wir zwischen der Probeentnahme und der Analyse aber einen Zeitraum von fast drei Monaten.

Neben freiem Schwefelwasserstoff enthält diese Quelle auch freie Kohlensäure.

#### D. Entstehung dieser Quellen.

Walter (14) unterscheidet nach der Herkunft des Wassers folgende drei Gruppen von Quellen:

1. Eruptose, die dem glühenden unterirdischen Magma entweichen und deren Mineralien in der Hauptsache durch nachstehende chemische Elemente gebildet sind: Zink, Arsen, Bor, Fluor, Chlor, Stickstoff, Kohlenstoff und Schwefel.
2. Lithose oder Bergwasser, das als Bergfeuchtigkeit in den Gesteinen physikalisch oder chemisch gebunden ist. Die Lithose erhält fortwährend durch die Eruptose Zuwachs aus der Tiefe.
3. Vadose, das Wasser der Erdoberfläche.

Nach der geologischen und geographischen Verteilung lassen sich die beschriebenen Quellen in drei Gruppen einteilen und auf die Herkunft ihre Wässer getrennt untersuchen. Es sind dies die Quellen aus:

- a) vulkanischen Gesteinen,
- b) Sedimentgestein,
- c) Urgestein.

1. Die erste Gruppe umfasst die Quellen der Kegel des vulkanischen Zentralmassivs, sowie diejenige von San Ramon und seiner Umgebung, einschliesslich der Thermalen von San Pablo de Turru-bares, die aus Andesit aufsteigen.

Dass die oben genannten Quellen zu den Eruptosen zu zählen sind, steht wohl ausser allen Zweifeln. Sie sind eben die letzten

Äusserungen der bereits erloschenen oder der erlöschenden vulkanischen Tätigkeit in Costa Rica.

2. Die Quellen der zweiten Gruppe finden wir am Rande der Precordillere, worunter ich die dem Hauptgebirge der Talamanca-kette auf der atlantischen Seite vorgelagerten sedimentären Faltengebirge verstehe. Hier, am Rande der Aschenkegel der Vulkane des Zentralmassives, fällt schon die gesetzmässige Anordnung dieser Quellen von Pejivalle bis Santa Anna in die Augen; dabei können wir ferner feststellen, dass die Thermalen unter diesen Quellen fast alle eine Temperatur von ca. 50 Grad Celsius aufweisen.

Zur Erklärung der höhern Temperatur dieser Quellen werden wir auf alle Fälle den Einfluss der Vulkane annehmen müssen, nur kann die Einwirkung eine direkte oder indirekte sein; d. h. die Erwärmung der austretenden Wasser kann direkt durch vulkanische Dämpfe und Gase, die den tief liegenden Herden entströmen, erfolgen, oder aber die Lithose erwärmt sich rascher infolge der kleineren geothermischen Tiefenstufe, wie sie in der Nähe aller Vulkane beobachtet werden kann. Da von Costa Rica keine direkten Beobachtungen, bzw. Messungen dieser Art vorliegen, so seien hier einige an andern Orten festgestellte, anormale geothermische Tiefenstufen angeführt:

Ort	Tiefenstufe:	Autor:
Neuffen, schwäbische Alb. . . . .	11,3 m	LINDEMANN (5)
Comstock-Sode, Newada . . . . .	15 „	LINDEMANN (5)
Nauheim . . . . .	20 „	KEILHACK (4)
Vulkanische Gegenden . . . . .	10,5 „	REINHARDT (9)

Da die mittlere Jahrestemperatur des Zentralen Hochlandes von Costa Rica rund 20 Grad Celsius beträgt, diejenige der Thermalquellen dagegen rund 50 Grad, so beträgt die unterirdische Erwärmung des Wassers rund 30 Grad. Wäre die grössere Erdwärme die alleinige Ursache, so müsste das Wasser aus einer Tiefe von  $30 \times 10 \text{ m} = 300 \text{ m}$  heraufkommen.

Betrachten wir die tektonische Lage dieser Quellen, so sehen wir, dass es sich immer um aufsteigende Quellen handelt, deren Wasser immer aus den aufsteigenden Schenkeln oder im Gewölbe von Antiklinalen austritt. Hier drängt sich die Vermutung schon eher auf, dass es sich um aus der Tiefe kommendes juveniles Wasser, denn um Lithose, handeln muss.

Grössere, ja wohl die entscheidende Rolle wird den Mineralien dieser Wässer zukommen bei der Lösung der Frage nach der Herkunft des Wassers und der Entstehung dieser Quellen. Schon bei der rohen Analyse dieser Wässer fällt das Vorherrschen von Alkali-

chloriden auf, denen sich Carbonate und Sulfate anschliessen und zu denen sich dann gelegentlich freies Kohlendioxyd und Schwefelwasserstoff gesellen. Schon diese Mineralien allein sind charakteristisch für Quellen vulkanischen Ursprungs, dessen Wahrscheinlichkeit aber durch die genaue CHAUDLER'sche Analyse der Aguacaliente-Quelle noch erhöht wird: Die Anwesenheit von Salzen der Borsäure sind nach HARTMANN (3) deutliche Hinweise auf die vulkanische Natur solcher Mineralquellen, wie auch die Mineralausblühungen der Pejivallethermale auf denselben Ursprung hindeuten.

Verstärkt wird diese Annahme noch durch die Tatsache, dass alle diese genannten Quellen am Rande der vulkanischen Überdeckung durch das vulkanische Zentralmassiv liegen. Wenn man bedenkt, wie rasch und wie tief die Umwandlung der Gesteine durch die Verwitterung in den Tropen vor sich geht, namentlich wenn es sich noch um vulkanische Aschen und Sande handelt, und dass deren Produkte in der Regel Lehme und Tone sind, so wird man begreifen, dass ein solcher Aschenhaufen in seiner Gesamtheit eine für Wasser undurchlässige Masse darstellt. Da nun die vulkanische Tätigkeit in Costa Rica schon im Obereocän bestanden hatte, wie Lohmann (6) jüngst nachgewiesen hat, und bis heute andauerte, also durch das ganze Tertiär hindurch Zeiten stärkerer Eruptionen mit Ruhepausen wechselten, in denen die Verwitterung vorherrschte, so kann es uns nicht wundern, wenn dieses Paket aus wechselnden Lagen von Lehm, Aschen und Sanden den aus der Tiefe kommenden Gasen und Dämpfen den Ausgang versperrt. Diese haben also, abgesehen von jüngern Spalten, nur zwei Möglichkeiten zu entweichen: den Zentralschlot oder den Rand dieser Kegel. Der Untergrund, durch tektonische und vulkanische Vorgänge stark zerklüftet, bereitet den juvenilen Gasen und Dämpfen wenig Schwierigkeiten und mit Leichtigkeit gelangen sie bis an dessen Grenze, wo dann der vulkanische Kegel „Halt!“ gebietet. Ähnlich wie das Petroleum folgen sie nun dieser Decke nach oben, bevorzugen also aufsteigende Schenkel und Antiklinalen, wo sie dann den Weg in die Freiheit finden.

Infolge der niedrigen Temperatur kondensieren sie die Dämpfe, vor allem derjenige des Wassers, das dann die Gase und Mineralien in Lösung aufnimmt. Hier wird dann auch die Mischung mit dem infiltrierten Regenwasser sich vollziehen, so dass die Quellen eine Mischung von Eruptose und Lithose, oder juvenilem und gewöhnlichem Wasser darstellen. Dass die Menge des letztern umso grösser ist, je weiter die Quelle vom Herd entfernt, also je länger ihr unterirdischer Weg ist, dürfte ohne weiteres klar sein. Diese Mineralquellen verdanken also ihre Entstehung den vulkanischen Herden, mit denen sie in direkter Verbindung stehen.

3. Quelle der Talamanca Cordillere. Die aus Urgestein austretende Quelle des Salitrals vom General, auf der pazifischen Seite dieses

Horstes, hat eine um ca. 15 Celsiusgrad höhere Temperatur als ihre Umgebung, die, wie schon der geringe Mineralgehalt zeigt, ausschliesslich als Folge der innern Erdwärme zu betrachten sein wird.

### E. Schluss.

Zum Schluss ist es mir noch eine angenehme Pflicht, allen denjenigen zu danken, die mich durch Führung oder Gastfreundschaft bei den vorliegenden Arbeiten unterstützt haben; es sind dies die Herren Fernando Alvarado, Prof. Dr. Charles Borel, Tito Garcia, Prof. Emel Jiménez und Boto Steinvorth in San José, die Familie Orlich in San Ramon, sowie die Familien Borloz und Vogel in Varablanca.

Zu speziellem Dank bin ich ferner verpflichtet Herrn Lic. Claudio Cortés, dem frühern Direktor der Escuela de Farmacia, sowie seinem Nachfolger, Herrn Lic. Manuel Grillo, für die bereitwillig erteilte Erlaubnis zur Benützung des Laboratoriums der genannten Schule für die Durchführung der Wasseranalysen.

### F. Literatur-Verzeichnis.

1. BIOLLEY, PAUL: Costa Rica und seine Zukunft. Thormann & Götsch. Berlin 1890.
2. BIOLLEY, PAUL: Bibliografia, San José?
3. HARTMANN, ADOLF: Die Entstehung der Mineralquellen von Schuls-Tarasp und andere Bündner Säuerlinge. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. LXXII. 1927.
4. KEILHACK, K.: Grundwasser und Quellenkunde. Bornträger, Berlin 1917.
5. LINDEMANN, B.: Die Erde, Bd. I, Kosmos, Stuttgart 1925.
6. LOHMANN, WILHELM und BRINKMANN, MARGARETE: Über Obereocäne Kalke, Gabbros und Andesite von Costa Rica. Centralblatt f. Min. etc. Jahrgang 1931. Abt. B. No. 10.
7. MICHAUD, GUSTAVO: Un manantial interesante. Boletin de Fomento, Bd. I, 1910. San José.
8. PLATT, LUCIANO: Examen analítico de cuatro fuentes de agua mineral de Costa Rica. La Gaceta Oficial vom 23. IX. 1865.
9. REINHARDT, R. L.: Die Geschichte der Erde. Benjamin Harz, Berlin-Wien.
10. SAPPER, KARL: Über Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft No. 151, Justus Peters, Gotha 1905.
11. SCHAUFELBERGER, PAUL: Geologische und hydrologische Verhältnisse zwischen der Donauversickerung und der Aachquelle. Mitteilungen der Bad. Geol. Landesanstalt Freiburg i/Breisgau. 1929.
12. SCHAUFELBERGER, PAUL: Apuntes de Geologia 2: El origen de las fuentes termales y minerales de la Meseta Central. Maestro Bd. V. No. 9. San José 1931.
13. SCHAUFELBERGER, PAUL: Apuntes de Geologia 4: Costa Rica. Universal, San José 1931.
14. WALTER, JOHANNES: Bau und Bildung der Erde. Quelle und Meyer, Leipzig 1925.

Manuskript eingegangen am 11. Mai 1932.